

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-337075

(P2002-337075A)

(43) 公開日 平成14年11月26日 (2002. 11. 26)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード*(参考)		
B 2 5 J	5/00	B 2 5 J	5/00	C	3 C 0 0 7
	13/00		13/00	Z	5 D 0 1 5
G 1 0 L	15/00	G 1 0 L	3/00	5 7 1 Q	
	15/24			5 5 1 H	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2001-144079(P2001-144079)

(22) 出願日 平成13年 5 月15日 (2001. 5. 15)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番35号

(72) 発明者 花形 理

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番35号 ソニ

ー株式会社内

(74) 代理人 100101801

弁理士 山田 英治 (外 2 名)

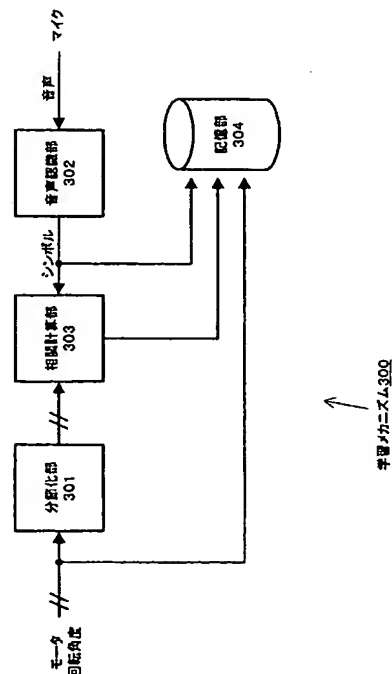
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 脚式移動ロボット及びその学習方法

(57) 【要約】

【課題】 教示された動作パターンを音声などの入力シンボルと連想して記憶する。

【解決手段】 脚式移動ロボットは、比較的長い教示動作やその他の行動を分節化するとともに、分節化された各動作を、音声認識などにより認識された入力シンボルと連想して記憶する。したがって、動作再生時には、比較的長い動作パターンを容易に指示することができる。また、直接的には同一のものを学習していない行動であっても、音声指示により入力されたシンボルから連想していくことにより、指示により近い行動を発現することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の関節自由度を持つ駆動部を備えた脚式移動ロボットであって、前記駆動部に対して印加された教示行動を分節化する分節化部と、入力された音声を認識してシンボルに変換する音声認識部と、分節化された各動作とシンボルとの相関を計算する相関計算部と、相関計算結果に基づいて、シンボルと連想させて各動作を記憶する記憶部と、を具備することを特徴とする脚式移動ロボット。

【請求項2】音声指示により入力されたシンボルから連想される動作を前記記憶部から取り出すとともに、取り出された各動作を逆分節化して行動を発現する動作再生部をさらに備える、ことを特徴とする請求項1に記載の脚式移動ロボット。

【請求項3】複数の関節自由度を持つ駆動部を備えた脚式移動ロボットのための学習方法であって、前記駆動部に対して印加された教示行動を分節化する分節化ステップと、入力された音声を認識してシンボルに変換する音声認識ステップと、分節化された各動作とシンボルとの相関を計算する相関計算ステップと、相関計算結果に基づいて、シンボルと連想させて各動作を記憶する記憶ステップと、を具備することを特徴とする脚式移動ロボットの学習方法。

【請求項4】音声指示により入力されたシンボルから連想される動作を取り出すとともに、取り出された各動作を逆分節化して行動を発現する動作再生ステップをさらに備える、ことを特徴とする請求項3に記載の脚式移動ロボットの学習方法。

【請求項5】複数の関節自由度を持つ駆動部を備えた脚式移動ロボットのための学習処理をコンピュータ・システム上で実行するように記述されたコンピュータ・ソフトウェアをコンピュータ可読形式で物理的に格納した記憶媒体であって、前記コンピュータ・ソフトウェアは、前記駆動部に対して印加された教示行動を分節化する分節化ステップと、入力された音声を認識してシンボルに変換する音声認識ステップと、分節化された各動作とシンボルとの相関を計算する相関計算ステップと、相関計算結果に基づいて、シンボルと連想させて各動作を記憶する記憶ステップと、を具備することを特徴とする記憶媒体。

【請求項6】前記コンピュータ・ソフトウェアは、音声指示により入力されたシンボルから連想される動作を取り出すとともに、取り出された各動作を逆分節化して行

動を発現する動作再生ステップをさらに備える、ことを特徴とする請求項4に記載の記憶媒体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複数の関節自由度を備えた脚式移動ロボット及びその学習方法に係り、特に、教示された動作パターンを音声などの入力シンボルと連想して記憶する脚式移動ロボット及びその学習方法に関する。

【0002】更に詳しくは、本発明は、教示された動作パターンを分節化して記憶する脚式移動ロボット及びその学習方法に係り、特に、教示された動作パターンを分節化するとともに、分節化された動作パターンを音声などの入力シンボルと連想して記憶する脚式移動ロボット及びその学習方法に関する。

## 【0003】

【従来の技術】電気的若しくは磁気的な作用を用いて人間の動作に似せた運動を行う機械装置のことを「ロボット」という。ロボットの語源は、スラブ語の“ROBOTA (奴隷機械)”に由来するとされている。わが国では、ロボットが普及し始めたのは1960年代末からであるが、その多くは、工場における生産作業の自動化・無人化などを目的としたマニピュレータや搬送ロボットなどの産業用ロボット(industrial robot)であった。

【0004】アーム式ロボットのように、ある特定の場所に植設して用いるような据置きタイプのロボットは、部品の組立・選別作業など固定的・局所的な作業空間でのみ活動する。これに対し、移動式のロボットは、作業空間は非限定的であり、所定の経路上または無経路上を自在に移動して、所定の若しくは任意の人的作業を代行したり、ヒトやイヌあるいはその他の生命体に置き換わる種々の幅広いサービスを提供することができる。なかでも脚式の移動ロボットは、クローラ式やタイヤ式のロボットに比し不安定で姿勢制御や歩行制御が難しくなるが、階段や梯子の昇降や障害物の乗り越えや、整地・不整地の区別を問わない柔軟な歩行・走行動作を実現できるという点で優れている。

【0005】最近では、イヌやネコのように4足歩行の動物の身体メカニズムやその動作を模したペット型ロボット、あるいは、ヒトのような2足直立歩行を行う動物の身体メカニズムや動作をモデルにしてデザインされた「人間形」若しくは「人間型」と呼ばれるロボット(humanoid robot)など、脚式移動ロボットに関する研究開発が進展し、実用化への期待もますます高まってきている。例えば、ソニー株式会社は、平成12年11月21日に2足歩行の人間型ロボット“SDR-3X”を公表した。

【0006】ところで、ロボットに対して所定動作を教え込むことを、「教示」若しくは「ティーチング」と呼ぶ。動作教示には、例えば、作業現場においてオペレー

タ又はユーザが手取り足取り教える教示方式や、計算機などロボット外部のエディタ上で動作パターンの入力・作成・編集を行う教示方式などが挙げられる。また、ロボットに学習機能を搭載することにより、作業空間における事象を逐次記憶させ次の行動に活用させることができる。

【0007】しかしながら、従来のロボットにおいては、動作教示を行うために、オペレータはロボットの操作環境を相当程度理解し習熟する必要があり、教示・学習作業の負担が過大であった。

【0008】教示する対象が人間やイヌなどの知性を備えた生身の動物である場合には、教示者は、この教示対象に対して声を掛けながら身振り・手振り、あるいは手取り・足取りで動作を入力することで所定の動作パターンを教え込む。そして、教示対象は、掛け声などの入力シンボルと関連付けて動作パターンを覚えておく。したがって、このような教示対象は、同じ掛け声を掛けられると、掛け声を基に指示されている動作パターンを連想して、指示された動作又は指示内容により近い動作を発現することができる。

【0009】なお、このような教示作業において、教示された動作パターンと関連付けて覚えておくシンボルの形態は掛け声などの音声には必ずしも限定されない。例えば、所定のオブジェクトを見せるなど画像であったり、頭部を触れるあるいは叩くなどのセンサ入力などをシンボルとしてもよい。

【0010】このようなシンボルを連想して動作パターンを教示するという学習機能は、現実世界に則したものであり、オペレータにとっても直感的に理解し易い。さらに、複数のシンボルを時間軸上に並べたシンボル系列を入力することによって、比較的長い動作パターンすなわち行動を容易に指示することができる。しかしながら、シンボルを連想して動作を記憶させるという学習機能を脚式移動ロボットに適用した事例はいままで皆無に等しい。

【0011】ところで、ロボットに関する制御情報は、一般に、センサや関節アクチュエータに関する連続的な時系列データの集まりとして扱うことができる。他方、時系列データのための学習機構として、リカレント・ニューラル・ネットワークが有効であることが情報処理の技術分野では知られている。

【0012】ここで、ニューラル・ネットワークとは、人間の脳における神経回路網を簡略化したモデルであり、神経細胞ニューロンが一方方向にのみ信号を通過するシナプスを介して結合されているネットワークを意味する。ニューロン間の信号の伝達シナプスを介して行われ、シナプスの抵抗、すなわち重みを適当に調整することによりさまざまな情報処理が可能となる。各ニューロンは、他の1以上のニューロンからの出力をシナプスによる重み付けをして入力し、それら入力値の総和を非線

型応答関数の変形を加え、再度他のニューロンへ出力する。ニューラル・ネットワークによる制御では、摩擦や粘性などの非線型問題にそのまま対応することができるとともに、学習機能を備えているので、パラメータの設定変更が不要になる。

【0013】また、リカレント・ニューラル・ネットワークは、内部にフィードバック結合を備えることで、1周期前の情報をネットワーク内に持ち、これによって時系列データの履歴を把握することができる仕組みになっている。

【0014】さらに、階層型リカレント・ニューラル・ネットワークにより自動的に分節化して保存し、分節化された各時系列データを組み合わせて運動制御を行うことで、さまざまな運動を生成することができる。例えば、本出願人に既に譲渡されている特開平11-126198号公報には、時系列データの所定のパターンを選択的に記憶するために、時系列データのパターンを自動的に分節化できるように構成されたデータ処理装置および方法について開示されている。

【0015】膨大量の時系列データを分節化して階層的に構成することにより、比較的少ない計算機負荷によりデータを取り扱うことができる。例えば、教示されたロボットの動作パターン・データを階層的に構成しておけば、指示に応じて動作パターンを高速で取り出したり、複数の動作パターンの合成処理を容易に行うことができる。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、教示された動作パターンを音声などの入力シンボルと連想して記憶することができる、優れた脚式移動ロボット及びその学習方法を提供することにある。

【0017】本発明の更なる目的は、教示された動作パターンを分節化して記憶することができる、優れた脚式移動ロボット及びその学習方法を提供することにある。

【0018】本発明の更なる目的は、教示された動作パターンを分節化するとともに、分節化された動作パターンを音声などの入力シンボルと連想して記憶することができる、優れた脚式移動ロボット及びその学習方法を提供することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段及び作用】本発明は、上記課題を参照してなされたものであり、その第1の側面は、複数の関節自由度を持つ駆動部を備えた脚式移動ロボットであって、前記駆動部に対して印加された教示行動を分節化する分節化部と、入力された音声を認識してシンボルに変換する音声認識部と、分節化された各動作とシンボルとの相関を計算する相関計算部と、相関計算結果に基づいて、シンボルと連想させて各動作を記憶する記憶部と、を具備することを特徴とする脚式移動ロボットである。

【0020】本発明の第1の側面に係る脚式移動ロボットは、音声指示により入力されたシンボルから連想される動作を前記記憶部から取り出すとともに、取り出された各動作を逆分節化して行動を発現する動作再生部をさらに備えていてもよい。

【0021】本発明の第1の側面に係る脚式移動ロボットによれば、比較的長い教示動作やその他の行動を分節化するとともに、分節化された各動作を、音声認識などにより認識された入力シンボルと連想して記憶するようになっている。したがって、動作再生時においては、比較的長い動作パターンを容易に指示することができる。また、直接的には同一のものを学習していない行動であっても、音声指示により入力されたシンボルから連想していくことにより、指示により近い行動を発現することができる。

【0022】また、本発明の第2の側面は、複数の関節自由度を持つ駆動部を備えた脚式移動ロボットのための学習方法であって、前記駆動部に対して印加された教示行動を分節化する分節化ステップと、入力された音声を認識してシンボルに変換する音声認識ステップと、分節化された各動作とシンボルとの相関を計算する相関計算ステップと、相関計算結果に基づいて、シンボルと連想させて各動作を記憶する記憶ステップと、を具備することを特徴とする脚式移動ロボットの学習方法である。

【0023】本発明の第2の側面に係る脚式移動ロボットの学習方法は、音声指示により入力されたシンボルから連想される動作を取り出すとともに、取り出された各動作を逆分節化して行動を発現する動作再生ステップをさらに備えていてもよい。

【0024】また、本発明の第3の側面は、複数の関節自由度を持つ駆動部を備えた脚式移動ロボットのための学習処理をコンピュータ・システム上で実行するように記述されたコンピュータ・ソフトウェアをコンピュータ可読形式で物理的に格納した記憶媒体であって、前記コンピュータ・ソフトウェアは、前記駆動部に対して印加された教示行動を分節化する分節化ステップと、入力された音声を認識してシンボルに変換する音声認識ステップと、分節化された各動作とシンボルとの相関を計算する相関計算ステップと、相関計算結果に基づいて、シンボルと連想させて各動作を記憶する記憶ステップと、を具備することを特徴とする記憶媒体である。

【0025】本発明の第3の側面に係る記憶媒体において、前記コンピュータ・ソフトウェアは、音声指示により入力されたシンボルから連想される動作を取り出すとともに、取り出された各動作を逆分節化して行動を発現する動作再生ステップをさらに備えていてもよい。

【0026】本発明の第3の側面に係る記憶媒体は、例えば、様々なプログラム・コードを実行可能な汎用コンピュータ・システムに対して、コンピュータ・ソフトウェアをコンピュータ可読な形式で提供する媒体である。

このような媒体は、例えば、CD (Compact Disc) やFD (Floppy Disk)、MO (Magnet-Optical disc) などの着脱自在で可搬性の記憶媒体である。あるいは、ネットワーク (ネットワークは無線、有線の区別を問わない) などの伝送媒体などを經由してコンピュータ・ソフトウェアを特定のコンピュータ・システムに提供することも技術的に可能である。

【0027】このような記憶媒体は、コンピュータ・システム上で所定のコンピュータ・ソフトウェアの機能を実現するための、コンピュータ・ソフトウェアと記憶媒体との構造上又は機能上の協働的関係を定義したものである。換言すれば、本発明の第3の側面に係る記憶媒体を介して所定のコンピュータ・ソフトウェアをコンピュータ・システムにインストールすることによって、コンピュータ・システム上では協働的作用が発揮され、本発明の第1の側面に係る脚式移動ロボット、あるいは本発明の第2の側面に係る脚式移動ロボットの学習方法と同様の作用効果を得ることができる。

【0028】本発明のさらに他の目的、特徴や利点は、後述する本発明の実施例や添付する図面に基づくより詳細な説明によって明らかになるであろう。

【0029】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら本発明の実施例を詳解する。

【0030】図1には、本発明を実施に供される、四肢による脚式歩行を行う脚式移動ロボット1の外観構成を示している。図示の通り、この脚式移動ロボット1は、四肢を有する動物の形状や構造をモデルにして構成された多関節型の移動ロボットである。とりわけ本実施形態に係る脚式移動ロボット1は、愛玩動物の代表例であるイヌの形状及び構造を模してデザインされたペット型ロボットという側面を有し、例えば人間の住環境において人間と共存するとともに、ユーザ操作に応答した動作表現することができる。

【0031】脚式移動ロボット1は、胴体部ユニット2と、頭部ユニット3と、尻尾4と、四肢すなわち脚部ユニット6A~6Dで構成される。

【0032】胴体部ユニット2には、機体動作を統括的にコントロールする制御ユニット (後述：図1には図示せず) や、機体の主電源であるバッテリー21 (図1には図示しない) が収容されている。

【0033】頭部ユニット3は、ロール、ピッチ及びヨーの各軸方向 (図示) の自由度を持つ首関節7を介して、胴体部ユニット2の略前上端に配設されている。また、頭部ユニット3には、イヌの「目」に相当するCCD (Charge Coupled Device: 電荷結合素子) カメラなどの画像認識部15と、「耳」に相当するマイクロフォン16と、「口」に相当するスピーカ17と、触感に相当するタッチ・センサ18と、複数のLEDインジケータ19と、ユーザからリモート・コントローラ (図示し

ない)を介して送信される指令を受信するリモート・コントローラ受信部20が搭載されている。これら以外にも、生体の五感を構成するセンサを含んでいても構わない。

【0034】尻尾4は、ロール及びピッチ軸の自由度を持つ尻尾関節8を介して、胴体部ユニット2の略後上端に湾曲若しくは揺動自在に取り付けられている。

【0035】脚部ユニット6A及び6Bは前足を構成し、脚部ユニット6C及び6Dは後足を構成する。各脚部ユニット6A～6Dは、それぞれ、大腿部ユニット9A～9D及び脛部ユニット10A～10Dの組み合わせで構成され、胴体部ユニット2の底面では、前後左右の各隅部に取り付けられている。大腿部ユニット9A～9Dは、ロール、ピッチ、ヨーの各軸の自由度を持つ股関節11A～11Dによって、胴体部ユニット2の各々の所定部位に連結されている。また、大腿部ユニット9A～9Dと脛部ユニット10A～10Dの間は、ロール及びピッチ軸の自由度を持つ膝関節12A～12Dによって連結されている。

【0036】図示のように構成された脚式移動ロボット1は、後述する制御部からの指令により各関節アクチュエータを駆動することによって、例えば、頭部ユニット3を上下左右に振らせたり、尻尾4を振らせたり、各足部ユニット6A～6Dを同期協調的に駆動させて歩行や走行などの動作を実現することができる。

【0037】なお、脚式移動ロボット1の関節自由度は、実際には各軸毎に配備され関節アクチュエータ(図1には図示しない)の回転駆動によって提供される。また、脚式移動ロボット1が持つ関節自由度の個数は任意であり、本発明の要旨を限定するものではない。

【0038】図2には、本実施形態に係る脚式移動ロボット1の電気・制御系統の構成図を模式的に示している。同図に示すように、脚式移動ロボット1は、全体の動作の統括的制御やその他のデータ処理を行う制御部20と、入出力部40と、駆動部50と、電源部60とで構成される。以下、各部について説明する。

【0039】入出力部40は、入力部として移動ロボット1の目に相当するCCDカメラ15や、耳に相当するマイクロフォン16、触感に相当するタッチ・センサ18など、五感に相当する各種のセンサを含む。また、出力部として、口に相当するスピーカ17などを装備している。これら出力部は、脚などによる機械運動パターン以外の形式で脚式移動ロボット1からの機体動作をベースとしたユーザ・フィードバックを表現することができる。

【0040】脚式移動ロボット1は、カメラ15を含むことで、作業空間上に存在する任意の物体の形状や色彩を認識することができる。また、脚式移動ロボット1は、カメラのような視覚手段の他に、赤外線、音波、超音波、電波などの発信波を受信する受信装置をさらに備

えていてもよい。この場合、各伝送波を検知するセンサ出力に基づいて発信源からの位置や向きを計測することができる。

【0041】駆動部50は、制御部20が指令する所定の運動パターンに従って歩行ロボット1の機械運動を実現する機能ブロックであり、首関節、肩関節、肘関節、体幹関節、股関節、膝関節、足首関節などのそれぞれの関節におけるロール、ピッチ、ヨーなど各軸毎に設けられた駆動ユニットで構成される。図示の例では、歩行ロボット1はn個の関節自由度を有し、したがって駆動部50はn個の駆動ユニットで構成される。各駆動ユニットは、所定軸回りの回転動作を行うモータ51と、モータ51の回転位置を検出するエンコーダ52と、エンコーダ52の出力に基づいてモータ51の回転位置や回転速度を適応的に制御するドライバ53の組み合わせで構成される。

【0042】電源部60は、その字義通り、歩行ロボット1内の各電気回路等に対して給電を行う機能モジュールである。本実施例に係る歩行ロボット1は、バッテリーを用いた自律駆動式であり、電源部60は、充電バッテリー61と、充電バッテリー61の充放電状態を管理する充放電制御部62とで構成される。

【0043】充電バッテリー61は、例えば、複数本のニッケル・カドミウム電池セルをカートリッジ式にパッケージ化した「バッテリー・パック」という形態で構成される。

【0044】また、充放電制御部62は、バッテリー61の端子電圧や充電／放電電流量、バッテリー61の周囲温度などを測定することでバッテリー61の残存容量を把握し、充電の開始時期や終了時期などを決定するようになっている。

【0045】制御部20は、「頭脳」に相当し、例えば移動ロボット1の頭部ユニット3あるいは胴体部ユニット2に搭載される。

【0046】図3には、制御部20の構成をさらに詳細に図解している。同図に示すように、制御部20は、メイン・コントローラとしてのCPU(Central Processing Unit)21が、メモリその他の各回路コンポーネントや周辺機器とバス接続された構成となっている。バス27上の各装置にはそれぞれに固有のアドレス(メモリ・アドレス又はI/Oアドレス)が割り当てられており、CPU21はアドレス指定することでバス27上の特定の装置と通信することができる。

【0047】RAM(Random Access Memory)22は、DRAM(Dynamic RAM)などの揮発性メモリで構成された書き込み可能メモリであり、CPU21が実行するロボット制御用のプログラム・コードをロードしたり、作業データの一時的な保存のために使用される。

【0048】ROM(Read Only Memory)23は、プログラムやデータを恒久的に格納する読み出し専用メモリ

である。ROM 23に格納されるプログラム・コードには、脚式移動ロボット1の電源投入時に実行する自己診断テスト・プログラムや、移動ロボット1の動作を規定する制御プログラム（ファームウェア）などが挙げられる。

【0049】本実施形態では、脚式移動ロボット1の制御プログラムには、リカレント・ニューラル・ネットワーク（RNN）に基づく学習機能が適用されている。リカレント・ニューラル・ネットワークによれば、時系列的な学習を行うことができる。例えば、モーション・キャプチャなどにより取り込まれる運動パターンを、階層型リカレント・ニューラル・ネットワークにより自動的に分節化して保存し、分節化された各時系列データを組み合わせ運動制御を行うことで、さまざまな運動を生成することができる。但し、リカレント・ニューラル・ネットワークの構成やリカレント・ニューラル・ネットワークを用いた学習・教示機構の詳細については後述に譲る。

【0050】不揮発性メモリ24は、例えばEEPROM（Electrically Erasable and Programmable ROM）のように、電氣的に消去再書き込みが可能なメモリ素子で構成され、逐次更新すべきデータを不揮発的に保持するために使用される。逐次更新すべきデータには、例えば、脚式移動ロボット1の行動パターンを規定するモデル（感情モデル、本能モデル）などが挙げられる。

【0051】インターフェース25は、制御部20外の機器と相互接続し、データ交換を可能にするための装置である。インターフェース25は、例えば、カメラ15やマイクロフォン16、スピーカ17との間でデータ入出力を行う。また、インターフェース25は、駆動部50内の各ドライバ53-1...との間でデータやコマンドの入出力を行う。また、インターフェース25は、電源部60との間で充電開始及び充電終了信号の授受を行うこともできる。

【0052】また、インターフェース25は、RS（Recommended Standard）-232Cなどのシリアル・インターフェース、IEEE（Institute of Electrical and Electronics Engineers）1284などのパラレル・インターフェース、USB（Universal Serial Bus）インターフェース、i-link（IEEE1394）インターフェース、SCSI（Small Computer System Interface）インターフェースなどのような、コンピュータの周辺機器接続用の汎用インターフェースを備え、ローカル接続された外部機器との間でプログラムやデータの移動を行うようにしてもよい。

【0053】また、インターフェース25の1つとして赤外線通信（IrDA）インターフェースを備え、外部機器と無線通信を行うようにしてもよい。赤外線通信のための送受信部は、例えば頭部ユニットなどのように、歩行ロボット1本体の先端部に設置されることが受信感

度の観点から好ましい。

【0054】さらに、制御部20は、無線通信インターフェース26ネットワーク・インターフェース・カード（NIC）27を含み、“bluetooth”や、“11B”のような近接無線通信、あるいはLAN（Local Area Network：例えばEthernet）やインターネットを経由して、外部のホスト・コンピュータ100とデータ通信を行うことができる。

【0055】このようなロボットとホストコンピュータ間のデータ通信の目的は、遠隔のコンピュータ資源を用いて脚式移動ロボット1の動作をリモート・コントロールすることである。また、該データ通信の他の目的は、動作モデルやその他のプログラム・コードなどロボット1の動作制御に必要なデータやプログラムをネットワーク経由で歩行ロボット1に供給することにある。また、該データ通信の他の目的は、モーション・キャプチャやティーチング・ペンダントなどにより得られた教示データをロボット側に転送することにある（勿論、オペレータが脚式移動ロボット1の機体に対して外力を印加することによって直接教示することも可能である）。

【0056】脚式移動ロボット1の動作制御は、現実には、CPU21において所定のソフトウェア・プログラムを実行することによって実現する。図4には、本実施形態に係る脚式移動ロボット1上で稼動するソフトウェア制御構成を模式的に示している。

【0057】同図に示すように、ロボット制御用のソフトウェアは、複数層のソフトウェアで構成される階層構造を備えている。制御用ソフトウェアにはオブジェクト指向プログラミングを採り入れることができる。この場合、各ソフトウェアは、データとそのデータに対する処理手続きとを一体化させた「オブジェクト」というモジュール単位で扱われる。

【0058】最下層のデバイス・ドライバは、各関節アクチュエータの駆動やセンサ出力の受信などハードウェアに対して直接アクセスすることを許容されたオブジェクトであり、ハードウェアからの割り込み要求にตอบสนองして該当する処理を行うようになっている。

【0059】仮想ロボットは、各種デバイス・ドライバと所定のオブジェクト間通信プロトコルに基づいて動作するオブジェクトとの仲介となるオブジェクトである。脚式移動ロボット1を構成する各ハードウェア装置へのアクセスは、この仮想ロボットを介して行われる。

【0060】サービス・マネージャは、コネクション・ファイルに記述されたオブジェクト間の接続情報を基に、各オブジェクトに接続を促すシステム・オブジェクトである。

【0061】システム層より上位のソフトウェアは、オブジェクト（プロセス）毎にモジュール化されており、必要な機能毎にオブジェクトを選択して置換容易な構成になっている。したがって、コネクション・ファイルを

書き換えることで、データ型が一致するオブジェクトの入出力を自由に接続することができる。

【0062】デバイス・ドライバ層とシステム層以外のソフトウェア・モジュールは、ミドルウェア層とアプリケーション層に大別される。

【0063】図5には、ミドルウェア層の内部構成を模式的に図解している。

【0064】ミドルウェア層は、脚式移動ロボット1の基本的な機能を提供するソフトウェア・モジュールの集まりであり、各モジュールの構成は脚式移動ロボット1の機械的・電氣的な特性や仕様、形状などハードウェア属性の影響を受ける。

【0065】このミドルウェア層は、機能的に、認識系のミドルウェア（図5の左半分）と、出力系のミドルウェア（図5の右半分）に分けることができる。

【0066】認識系のミドルウェアでは、画像データや音声データ、その他のセンサから得られる検出データなど、ハードウェアから供給される生データを仮想ロボット経由で受け取ってこれら进行处理する。すなわち、各種入力情報に基づき、音声認識、距離検出、姿勢検出、接触、動き検出、色認識などの処理を行い、認識結果を得る（例えば、「ボールを検出した」、「転倒を検出した」、「撫でられた」、「叩かれた」、「ドミソの音階が聞こえた」、「（動く物体を）検出した」、「（障害物を）検出した」、「（障害物を）認識した」など）。認識結果は、入力セマンティクス・コンバータを介して上位のアプリケーション層に通知され、その後の行動計画や学習などに利用される。

【0067】一方、出力系のミドルウェアでは、歩行、動きの再生、出力音の合成、目に相当するLEDの点灯制御などの機能を提供する。すなわち、アプリケーション層において立案された行動計画を出力セマンティクス・コンバータを介して受信処理して、脚式移動ロボット1の各機能毎にロボットの各ジョイントのサーボ指令値や出力音、出力光（LED）、出力音声などを生成して、出力すなわち仮想ロボットを介して脚式移動ロボット1の機体動作として発現する。このような仕組みにより、アプリケーション層は、関節アクチュエータに対する制御指令のような物理的なコマンドではなく、より抽象的な行動コマンド（例えば、前進、後退、喜ぶ、吼える、寝る、体操する、驚く、トラッキングするなど）を与えることで、脚式移動ロボット1を制御することができる。

【0068】また、図6には、アプリケーション層の内部構成を模式的に図解している。アプリケーション層は、脚式移動ロボット1の機体動作や本能・感情などの内部状態を制御する1以上のアプリケーション・ソフトウェアで構成される。

【0069】アプリケーションは、入力セマンティクス・コンバータ経由で受け取った認識結果を使って、脚式

移動ロボット1の行動計画を決定して、出力セマンティクス・コンバータ経由で決定された行動を返すようになっている。

【0070】アプリケーションは、ロボットの感情をモデル化した感情モデルと、本能をモデル化した本能モデルと、外部事象を逐次記憶していく学習モジュールと、行動パターンをモデル化した行動モデルと、行動モデルによって決定された行動の出力先を切り替える行動切替部とで構成される。

【0071】入力セマンティクス・コンバータ経由で入力される認識結果は、感情モデル、本能モデル、行動モデルに入力されるとともに、学習モジュールには学習教示信号として入力される。

【0072】行動モデルによって決定された脚式移動ロボット1の行動は、行動切替部並びに出力セマンティクス・コンバータ経由でミドルウェアに送信され、脚式移動ロボット1の機体上で実行される。あるいは、行動切替部を介して、行動履歴として感情モデル、本能モデル、学習モジュールに、行動履歴として供給される。

【0073】感情モデルと本能モデルは、それぞれ認識結果と行動履歴を入力に持ち、感情値と本能値を管理している。行動モデルは、これら感情値や本能値を参照することができる。また、学習モジュールは、学習教示信号に基づいて行動選択確率を更新して、更新内容を行動モデルに供給する。

【0074】本実施形態に係る学習モジュールは、モーション・キャプチャやティーチング・ペンダントなどの運動教示装置（図示しない）や、あるいは機体への直接教示操作を介して取得された時系列データと、関節角度パラメータとを関連付けて、時系列データとして学習するようになっている。時系列データの学習のために、リカレント・ニューラル・ネットワーク構成を採用する。

【0075】ここで、ニューラル・ネットワークとは、人間の脳における神経回路網を簡略化したモデルのことであり、神経細胞ニューロンが一方方向にのみ信号を通過するシナプスを介して結合されているネットワークを意味する。ニューロン間の信号の伝達はシナプスを介して行われ、シナプスの抵抗、すなわち重みを適度に調整することによりさまざまな情報処理が可能となる。各ニューロンは、他の1以上のニューロンからの出力をシナプスによる重み付けをして入力し、それら入力値の総和を非線型応答関数の変形を加え、再度他のニューロンへ出力する。

【0076】また、リカレント・ニューラル・ネットワークでは、各ユニットにおける過去の出力がネットワーク内の他のユニット（あるいは自分自身）に戻されるような結合関係が許容される。したがって、時間に依存して各ニューロンの状態が変化するような動的性質をネットワーク内に含めることができ、時系列パターンの認識や予測を行うことができる。



【0077】本実施形態に係る学習モジュールは、このようなりカレント・ニューラル・ネットワークを階層的に構成することにより、時系列データである運動パターンを自動的に分割して保存するとともに、分割された各時系列データを組み合わせることによって運動制御を行うことで、さまざまな運動パターンを生成することができる。

【0078】図7には、本実施形態に係る階層型リカレント・ニューラル・ネットワークの構成を模式的に示している。同図に示す階層型リカレント・ニューラル・ネットワークは、個々のリカレント・ニューラル・ネットワーク（後述）を階層的に配置することで構成される。

【0079】既に述べたように、脚式移動ロボット1は、機体を駆動させるための関節アクチュエータ・モータと、関節動作やその他の機体外部の環境を計測するためのセンサとを備えている。

【0080】図7に示す階層型リカレント・ニューラル・ネットワーク200の下位層を構成するn個のリカレント型ニューラル・ネットワーク201-1～201-nには、センサとモータの状態に対応する入力 $x_t$ が入力されている。

【0081】図8には、下位層のリカレント型ニューラルネットワーク201-1の構成例を表している。なお、図示は省略するが、他の下位層リカレント型ニューラル・ネットワーク201-2～201-nも、図示のリカレント型ニューラル・ネットワーク201-1と同様に構成されている。

【0082】図8に示すように、下位層のリカレント型ニューラル・ネットワーク201-1は、所定の数の入力層のニューロン231を有し、このニューロン231に、センサの状態に対応する入力 $s_t$ と、モータの状態に対応する入力 $m_t$ が入力されている。ニューロン231の出力は、中間層のニューロン232を介して、出力層のニューロン233に供給されるようになされている。そして、出力層のニューロン233からは、リカレント型ニューラルネットワーク201-1のセンサの状態に対応する出力 $s_{t+1}$ と、モータの状態に対応する出力 $m_{t+1}$ が出力されるようになされている。また、出力の一部は、コンテキスト（context） $C_t$ として、入力層のニューロン231にフィードバックされるようになされている。

【0083】リカレント型ニューラル・ネットワーク201-1乃至201-nの出力は、対応するゲート202-1乃至202-nを介して合成回路203に入力され、合成され、予測出力 $y_{t+1}$ が出力されるようになされている。

【0084】学習時においては、教示信号としての目標値 $y^*_{t+1}$ と、下位層の各リカレント・ニューラル・ネットワーク201-1～201-nの出力の誤差が、対応

するゲート202-1～202-nの状態を制御するようになされている。

【0085】上述した下位層のリカレント型ニューラル・ネットワーク201-1～201-n、ゲート202-1乃至202-n、及び、合成回路203と同様の構成が、より上位の階層にも形成されている。すなわち、上位の階層には、リカレント型ニューラル・ネットワーク211-1～211-n、ゲート212-1～212-n、及び、合成回路213が配設されている。そして、リカレント型ニューラル・ネットワーク211-1～211-nには、下位の階層のゲート202-1～202-nのそれぞれの導通状態（開閉度）に対応するシーケンス（ゲートシーケンス） $G_t$ が入力されるようになされている。そして、各リカレント型ニューラル・ネットワーク211-1～211-nからは、出力 $G^1_{t+1} \sim G^n_{t+1}$ が出力され、合成回路213からは、予測出力 $G_{t+1}$ が出力されるようになされている。また、学習時においては、教示信号として、目標値 $G^*_{t+1}$ が入力されている。

【0086】なお、図7には、2つの階層だけが示されているが、必要に応じて、さらに、より上位の階層を配設することも可能である。

【0087】図9には、上位階層のリカレント型ニューラル・ネットワーク211-1の構成を表している。なお、他の上位リカレント型ニューラル・ネットワーク211-2～211-nも、図示のリカレント型ニューラル・ネットワーク211-1と同様の構成とされている。

【0088】図9に示すように、リカレント型ニューラル・ネットワーク211-1は、基本的に、図8に示したリカレント型ニューラル・ネットワーク201-1と同様に構成されており、入力層には複数のニューロン241が、中間層には複数のニューロン242が、そして出力層には複数のニューロン243がそれぞれ配置されている。入力層には、ゲート202-1～202-nの導通状態に対応する信号 $g^1_t \sim g^n_t$ が入力されるとともに、ゲートの導通（開放）している周期（時間） $I_t$ が入力される。出力層からは、これらの入力に対応して、出力 $g^1_{t+1} \sim g^n_{t+1}$ と、 $I_{t+1}$ が出力される。また、出力層の出力の一部は、コンテキスト $C_t$ として入力層にフィードバックされている。

【0089】ここで、リカレント型ニューラル・ネットワーク201-1～201-nのアルゴリズムについて説明する。

【0090】ゲートの導通状態は、ソフトマックス（soft-max）のアクティベーション・ファンクションを用いて、次式で示すように表される。

【0091】

【数1】



$$g^i = \frac{e^{s^i}}{\sum_{j=1}^n e^{s^j}} \quad (1)$$

【0092】ここで、 $g_i$ は、 $i$ 番目のゲートの導通状態に対応するゲート係数を表し、 $s_i$ は、 $i$ 番目のゲートの導通状態の内部状態に対応する値を表している。従 \*

って、合成回路3の出力 $y_{t+1}$ は、次式で表される。

【0093】

【数2】

$$y_{t+1} = \sum_{i=1}^n g^i \cdot y_{t+1}^i \quad (2)$$

【0094】ここで、予測学習時に最大の値となる次式で示す尤度関数を定義する。

※【0095】

※【数3】

$$\ln L = \ln \sum_{j=1}^n g^j \cdot e^{\frac{-1}{2\sigma^2} |y_{t+1}^* - y_{t+1}^j|^2} \quad (3)$$

【0096】なお、ここで、 $\sigma$ は、スケーリング・パラメータを表している。

【0097】学習時には、リカレント型ニューラル・ネットワーク201-1～201-nの重み係数とゲート係数 $g$ は、尤度関数が最大となるように同時に更新される。認識時には、ゲート係数だけが更新される。

★ルールを確立するために、尤度関数の指数関数の内部変数 $s_i$ に関する傾きと、 $i$ 番目のリカレント型ニューラル・ネットワークの出力 $y_i$ に関する傾きを次式のように求める。

【0099】

【数4】

【0098】これらの重み係数とゲート係数を更新する★

$$\frac{\delta \ln L}{\delta s^i} = g(i|x_t, y_{t+1}^*) - g^i \quad (4)$$

$$\frac{\delta \ln L}{\delta y^i} = g(i|x_t, y_{t+1}^*) \frac{(y_{t+1}^* - y_{t+1}^i)}{\sigma^2} \quad (5)$$

【0100】ここで、 $g(i|x_t, y_{t+1}^*)$ は、 $i$ 番目のリカレント型ニューラル・ネットワークが入力 $x_t$ のとき、目標出力 $y_{t+1}^*$ を発生する事象後確率を意味

☆し、次式で表される。

30 【0101】

☆【数5】

$$g(i|x_t, y_{t+1}^*) = \frac{g^i \cdot e^{\frac{-1}{2\sigma^2} |y_{t+1}^* - y_{t+1}^i|^2}}{\sum_{j=1}^n g^j \cdot e^{\frac{-1}{2\sigma^2} |y_{t+1}^* - y_{t+1}^j|^2}} \quad (6)$$

【0102】ここで、 $\|y_{t+1}^* - y_{t+1}^i\|^2$ は、現在の予測の自乗誤差を表している。

【0103】上記(4)式は、 $s_i$ を更新する方向を表している。また、(5)式に示されるように、尤度関数の指数関数の $y_{t+1}^i$ に関する傾きは、誤差条件 $y_{t+1}^* - y_{t+1}^i$ の誤差項を含んでいる。この誤差項は、 $i$ 番目のリカレント型ニューラル・ネットワークの事象後確率により重み付けされている。

【0104】このように、リカレント型ニューラル・ネットワーク201-1～201-nの重み係数は、事象◆

◆後確率にのみ比例して、 $i$ 番目のリカレント型ニューラル・ネットワークの出力と目標値の誤差を補正するように調整される。これにより $n$ 個のリカレント型ニューラル・ネットワークのうち、1つのエキスパート・リカレント型ニューラル・ネットワークだけが、与えられたトレーニング・パターンを排他的に学習するようになされる。各リカレント型ニューラル・ネットワークの誤差は、次式で表される。

【0105】

【数6】

$$error_{t+1}^i = g(i|x_t, y_{t+1}^*) \cdot (y_{t+1}^* - y_{t+1}^i) \quad (7)$$

【0106】リカレント型ニューラル・ネットワーク201-1～201-nの実際の学習は、上記式で得られ

た誤差に基づいてバックプロパゲーション法により実行される。これにより、リカレント型ニューラル・ネット

ワーク201-1~201-nは、入力 $x_i$ のうち、それぞれ他と異なる所定の時系列パターンを識別することができるエキスパートとなるように、学習が行われる。

【0107】以上のことは、より上位の階層におけるリカレント型ニューラル・ネットワーク211-1~211-nにおいても同様である。但し、この場合における入力、ゲート・シーケンス $G_i$ であり、その出力は、 $G_{i+1}$ となる。

【0108】このように構成された脚式移動ロボット1がある特定の動作パターンを発現したときには、各リカレント型ニューラル・ネットワーク201-1…、211-1…の出力を開閉操作するそれぞれのゲート202-1…、212-1…の導通状態も動作の進行に応じて変動する。

【0109】あるゲートの開成状態は、ゲートに出力を持つリカレント型ニューラル・ネットワークのアクティベーションを表す。また、特定の動作パターンの発現と相関のあるゲートとそうでないゲートとがある。したがって、脚式移動ロボット1に対してある動作パターンが教示された場合に、この教示動作と相関のあるゲートの導通状態を実現するように階層型リカレント・ニューラル・ネットワークを自己組織化することにより、教示動作を学習することができる。

【0110】本実施形態に係る脚式移動ロボット1は、音声などのシンボル入力を伴って動作の教示を受けられることができる。すなわち、学習時・動作教示時には、指示音声などの入力シンボルを連想して教示動作を記憶する。このようなシンボルを連想して動作パターンを教示するという学習機能は、現実世界に則したものであり、オペレータにとっても直感的に理解し易い。

【0111】さらに、本実施形態に係る脚式移動ロボット1は、比較的長い教示動作やその他の行動を分節化するとともに、分節化された各動作を、音声認識などにより認識された入力シンボルと連想して記憶するようになっている。

【0112】したがって、本実施形態に係る脚式移動ロボット1は、動作再生時には、比較的長い動作パターンを容易に指示することができる。また、直接的には同一のものを学習していない行動であっても、音声指示により入力されたシンボルから連想していくことにより、指示により近い行動を発現することができる。

【0113】図10には、行動の分節化と、分節化した行動とシンボルとの連想記憶に基づく、本実施形態に係る脚式移動ロボット1の学習メカニズム300の構成を模式的に図解している。

【0114】この学習メカニズム300は、脚式移動ロボット1の機体上の行動を分節化する分節化部301と、マイクなどの音声入力部から入力された音声を認識してシンボルに変換する音声認識部302と、分節化された行動と認識されたシンボルとの相関を計算する相関

計算部303と、相関結果に基づいて分節化された行動をシンボルと連想して記憶する記憶部304とで構成される。相関計算部303は、例えば多変量解析などを用いて行動とシンボルとの相関を計算する。

【0115】図11には、学習メカニズム300における学習時の機能構成を図解している。

【0116】分節化部301は、脚式移動ロボット1を構成する各関節アクチュエータ・モータがオペレータによる動作教示時に駆動させられた回転角度を入力する。

【0117】既に述べたように、図7に示すような階層型リカレント・ニューラル・ネットワーク構成においては、各リカレント・ニューラル・ネットワークの出力は、対応するゲートを介して同じ階層の合成回路に入力され、合成されて予測出力として出力される。そして、学習時には、教示信号としての目標値と各リカレント・ニューラル・ネットワークの出力との誤差によって、対応するゲートの導通状態が制御される。

【0118】分節化部301は、教示された行動を各関節アクチュエータ・モータの回転角度という形式で入力すると、これを階層型リカレント・ニューラル・ネットワーク200における各ゲート出力毎に分節化する。

【0119】選択部305は、ソフトマックス (softmax) 部306のアクティベーション・ファンクションを用いて決定される各ゲートの導通状態を用いて、教示動作を規定する各ゲート出力を生成して、これを教示動作を表す関節アクチュエータ・モータの動作と関連付けて記憶部304-1に保存する。

【0120】相関計算部303は、例えば多変量解析などの手法を用いて、分節化された各ゲートのアクティベーション・データと、音声認識部302により認識された入力シンボルとの相関を計算する。そして、この相関結果に基づいて、分節化されたゲート出力をシンボルと連想して記憶部304-2に記憶する。

【0121】なお、記憶部304-1と記憶部304-2は、同じ記憶装置であっても、あるいは独立した記憶装置として構成されていてもよい。

【0122】また、図12には、学習メカニズム300における音声ベースでのシンボル入力時における教示動作を再生するための機能構成を図解している。

【0123】脚式移動ロボット1に対して幾つかの行動を教示した後、オペレータが音声により指示を発したとする。この指示内容は、音声認識部302により認識されてシンボルに変換される。

【0124】次いで、分節化された行動とシンボルを連想記憶する記憶部304-2中で、この入力シンボルを検索して、該当する行動を規定したゲート導通状態データを取り出す。

【0125】取り出されたゲート導通状態データは、逆分節化されて、教示された行動を実現するための各関節アクチュエータ・モータに対する指令値として再現され

る。この指令値に基づいて機体動作すなわち各関節アクチュエータの駆動を制御することによって、教示された行動が再生されることになる。

【0126】次いで、この学習メカニズム300の動作特性について、例を挙げながら説明する。

【0127】図13には、学習メカニズム300に投入されるシンボルと、シンボル入力とともに教示された関節アクチュエータ・モータの回転角度を例示している。但し、説明の簡素化のため、扱う入力シンボルをSYM-AとSYM-Bの2種類とし、関節アクチュエータ・モータの個数は2個とする。また、音声認識部302 \*

$$C_{ij} = \frac{\sum S_{it} \times B_{jt}}{T}$$

【0130】図14には、入力シンボルSYM-Aと各ゲート出力との相関結果を示している。同様に、図15には、入力シンボルSYM-Bと各ゲート出力との相関結果を示している。但し、説明の簡素化のため、教示動作の学習に用いられる階層型リカレント・ニューラル・ネットワーク200は上位及び下位の各層からなる2階層のみとし、下位層は3個の各リカレント・ニューラル・ネットワークに対応する3個のゲート202-1、202-2、202-3を有し、上位層は、2個の各リカレント・ニューラル・ネットワークに対応する2個のゲート212-1、212-2を有しているとする。

【0131】図14に示す例では、ゲート212-1がシンボルSYM-Aとの相関値が最も高い。このことは、このゲート212-1に対応する上位のリカレント・ニューラル・ネットワーク211-1がシンボルSYM-Aに相当する教示行動を記憶していることを意味する。

【0132】また、図15に示す例では、ゲート202-1がシンボルSYM-Bとの相関値が最も高いが、このことは、このゲート202-1に対応する上位のリカレント・ニューラル・ネットワーク201-1がシンボルSYM-Bに相当する教示行動を記憶していることを意味する。

【0133】ここで、最も相関の高いゲート信号が減勢すなわちインアクティブとなっている期間中は、他のゲート信号並びにモータ出力は無視される。この様子を図16及び図17に示しておく。

【0134】したがって、各シンボルSYM-A並びにSYM-Bについて、分節化及び相関計算の結果として記憶装置304に連想記憶される内容は、図18並びに図19に示す通りとなる。

【0135】〔追補〕以上、特定の実施例を参照しながら、本発明について詳解してきた。しかしながら、本発明の要旨を逸脱しない範囲で当業者が該実施例の修正や代用を成し得ることは自明である。

【0136】本発明の要旨は、必ずしも「ロボット」と

\*は、あるシンボル $s_i$ が有効なときには $S_{it} = 1$ を出力し、そうでないときには $S_{it} = -1$ を出力するものとする。

【0128】相関計算部303では、階層型リカレント・ニューラル・ネットワーク200を構成する各ゲート出力と入力シンボルとの相関を、多変量解析などの手法を用いて計算する。例えば、有る時間Tを経過した後の、シンボル $s_i$ と分節化信号 $B_j$ との相関 $C_{ij}$ は、以下の式を用いて算出される。

【0129】

【数7】

(8)

称される製品には限定されない。すなわち、電氣的若しくは磁氣的な作用を用いて人間の動作に似せた運動を行う機械装置であるならば、例えば玩具等のような他の産業分野に属する製品であっても、同様に本発明を適用することができる。

【0137】要するに、例示という形態で本発明を開示してきたのであり、限定的に解釈されるべきではない。本発明の要旨を判断するためには、冒頭に記載した特許請求の範囲の欄を参照すべきである。

【0138】

【発明の効果】以上詳記したように、本発明によれば、教示された動作パターンを音声などの入力シンボルと連想して記憶することができる、優れた脚式移動ロボット及びその学習方法を提供することができる。

【0139】また、本発明によれば、教示された動作パターンを分節化して記憶することができる、優れた脚式移動ロボット及びその学習方法を提供することができる。

【0140】また、本発明によれば、教示された動作パターンを分節化するとともに、分節化された動作パターンを音声などの入力シンボルと連想して記憶することができる、優れた脚式移動ロボット及びその学習方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施に供される四肢による脚式歩行を行う移動ロボット1の外観構成を示した図である。

【図2】脚式移動ロボット1の電気・制御系統の構成図を模式的に示した図である。

【図3】制御部20の構成をさらに詳細に示した図である。

【図4】脚式移動ロボット1上で稼動するソフトウェア制御構成を模式的に示した図である。

【図5】ミドルウェア層の内部構成を模式的に示した図である。

【図6】アプリケーション層の内部構成を模式的に示した図である。

【図7】本実施形態に係る階層型リカレント・ニューラル・ネットワークの構成を模式的に示した図である。

【図8】下位層のリカレント型ニューラルネットワーク201-1の構成例を示した図である。

【図9】上位層のリカレント型ニューラル・ネットワーク211-1の構成を示した図である。

【図10】行動の分節化と、分節化した行動とシンボルとの連想記憶に基づく、本実施形態に係る脚式移動ロボット1の学習メカニズムの構成を模式的に示した図である。

【図11】学習メカニズム300における学習時の機能構成を示した図である。

【図12】学習メカニズム300における音声ベースでのシンボル入力時における教示動作を再生するための機能構成を示した図である。

【図13】学習メカニズム300に投入されるシンボルと、シンボル入力とともに教示された関節アクチュエータ・モータの回転角度を例示したタイミング・チャートである。

【図14】入力シンボルSYM-Aと各ゲート出力との相関結果を示したタイミング・チャートである。

【図15】入力シンボルSYM-Bと各ゲート出力との相関結果を示したタイミング・チャートである。

【図16】最も相関の高いゲート信号が減勢すなわちインアクティブとなっている期間中は他のゲート信号並びにモータ出力が無視される様子を示したタイミング・チャートである。

【図17】最も相関の高いゲート信号が減勢すなわちインアクティブとなっている期間中は他のゲート信号並びにモータ出力が無視される様子を示したタイミング・チャートである。

【図18】シンボルSYM-Aについて、分節化及び相関計算の結果として記憶装置304に連想記憶される内容を示したタイミング・チャートである。

【図19】シンボルSYM-Bについて、分節化及び相関計算の結果として記憶装置304に連想記憶される内容を示したタイミング・チャートである。

【符号の説明】

- 1…脚式移動ロボット
- 2…胴体部ユニット
- 3…頭部ユニット
- 4…尻尾

6A～6D…脚部ユニット

7…首関節

8…尻尾関節

9A～9D…大腿部ユニット

10A～10D…脛部ユニット

11A～11D…股関節

12A～12D…膝関節

20…制御部

21…CPU

10 22…RAM

23…ROM

24…不揮発メモリ

25…インターフェース

26…無線通信インターフェース

27…ネットワーク・インターフェース・カード

28…バス

29…キーボード

40…入出力部

50…駆動部

51…モータ（関節アクチュエータ）

52…エンコーダ（関節角度センサ）

53…ドライバ

60…電源部

61…充電バッテリー

62…充放電制御部

100…外部のホスト・コンピュータ

200…階層型リカレント・ニューラル・ネットワーク

201…下位層リカレント・ニューラル・ネットワーク

231…入力層ニューロン

30 232…出力層ニューロン

233…中間層ニューロン

211…上位層リカレント・ニューラル・ネットワーク

241…入力層ニューロン

242…出力層ニューロン

243…中間層ニューロン

300…学習メカニズム

301…分節化部

302…音声認識部

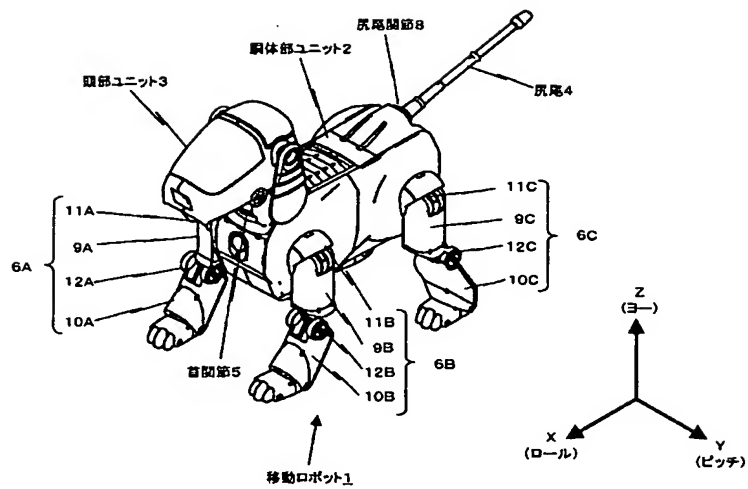
303…相関計算部

40 304…記憶部

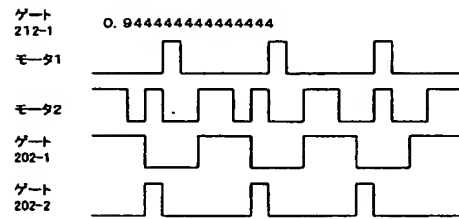
305…選択部

306…ソフトマックス部

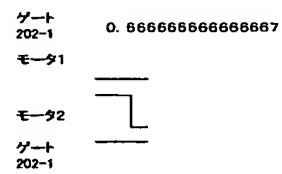
【図1】



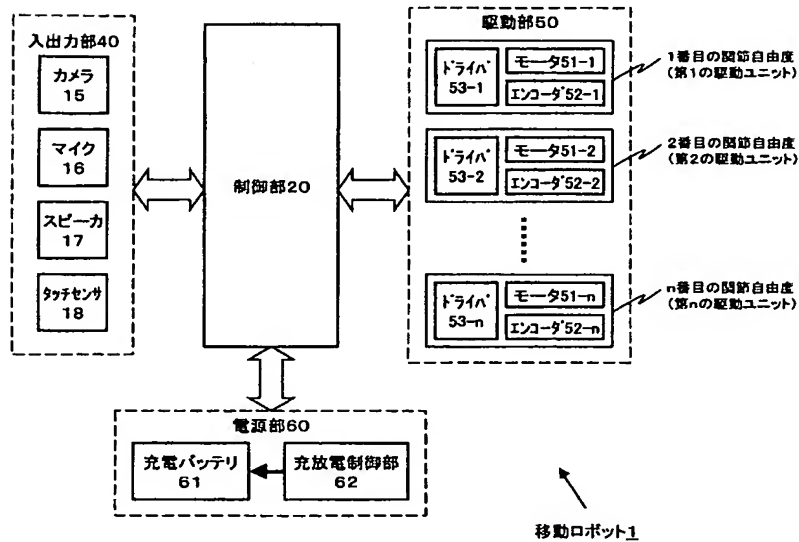
【図18】



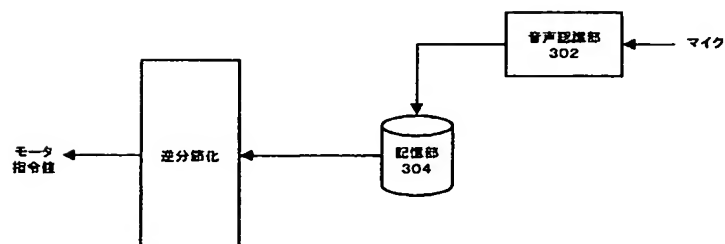
【図19】



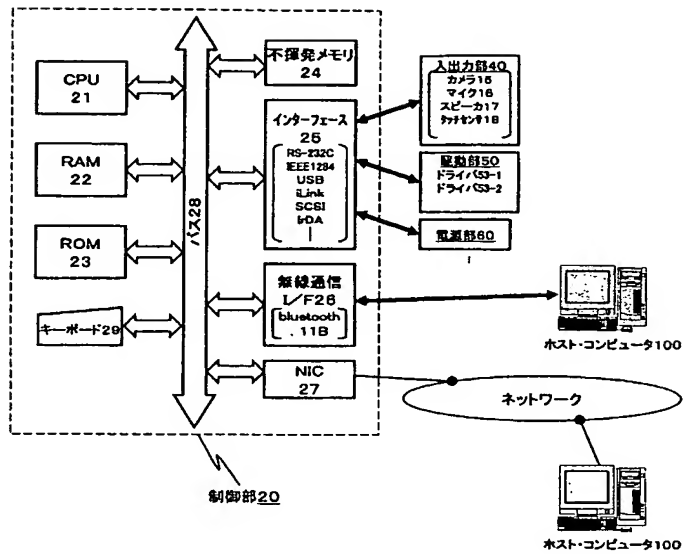
【図2】



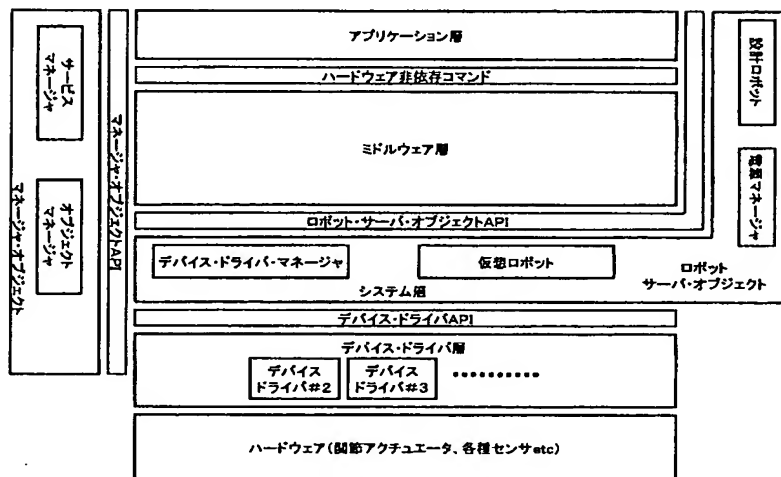
【図12】



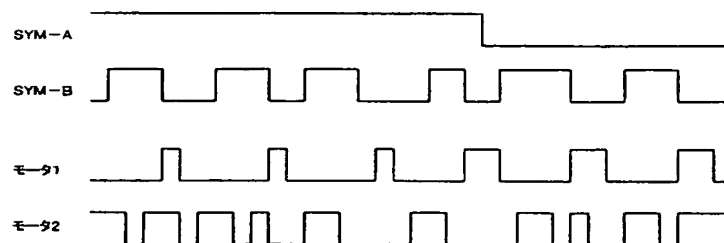
【図3】



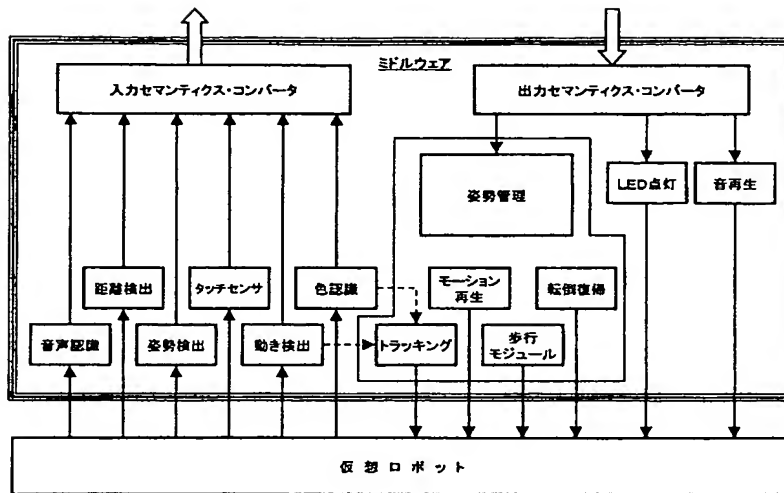
【図4】



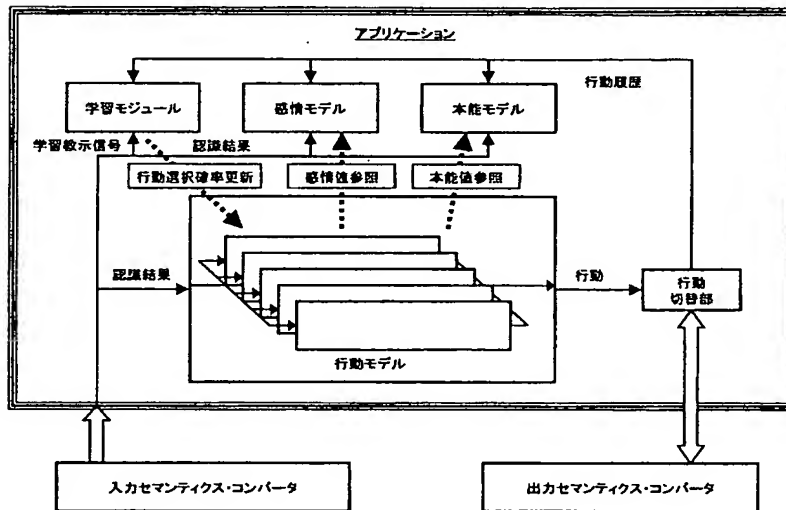
【図13】



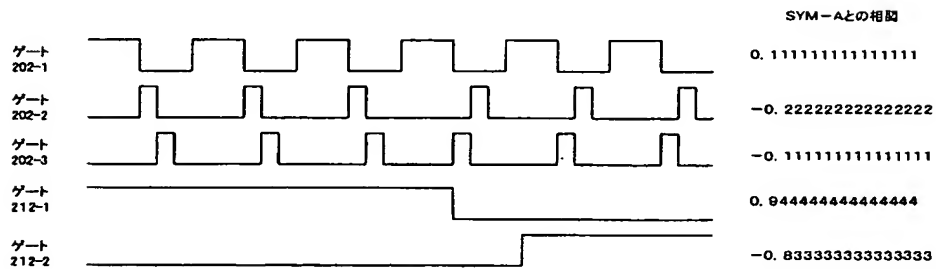
【図5】



【図6】

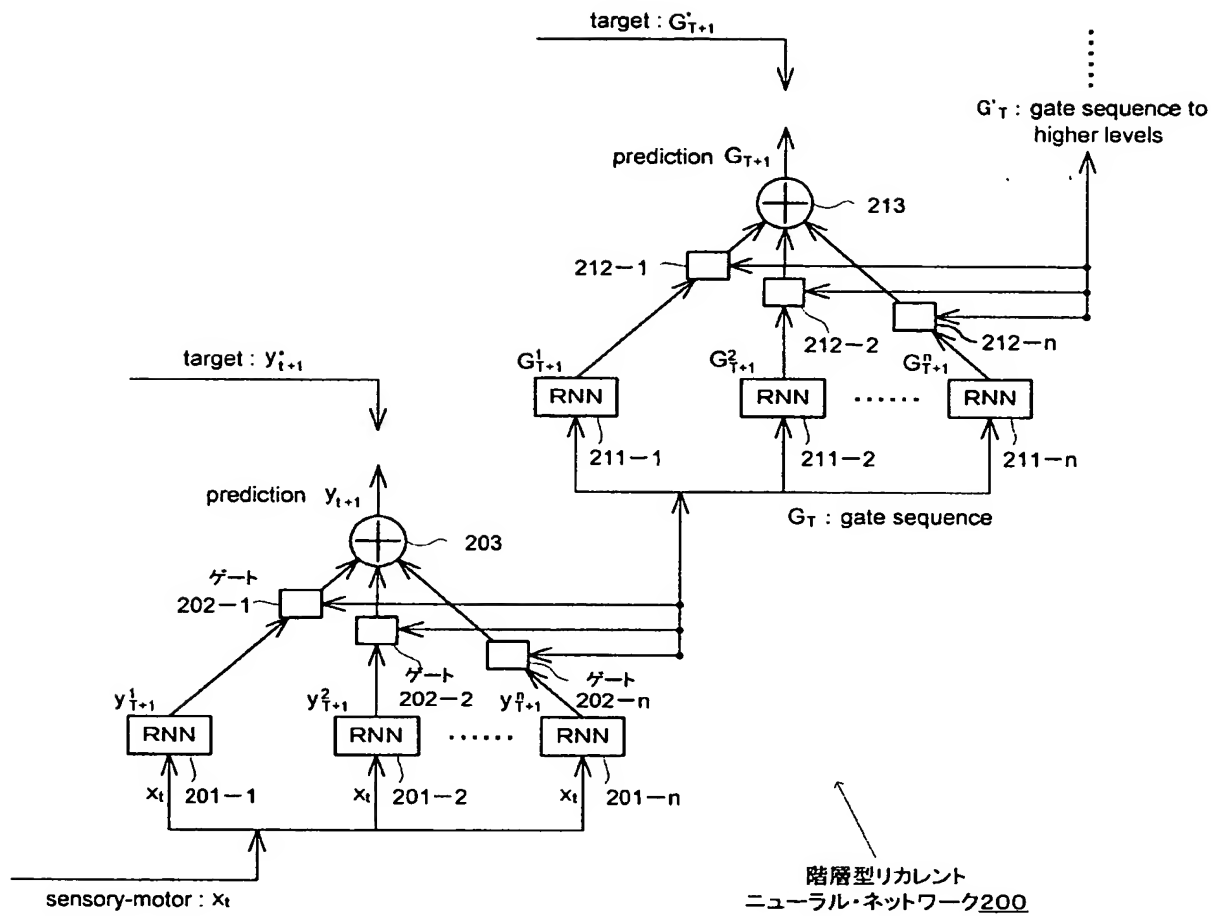


【図14】

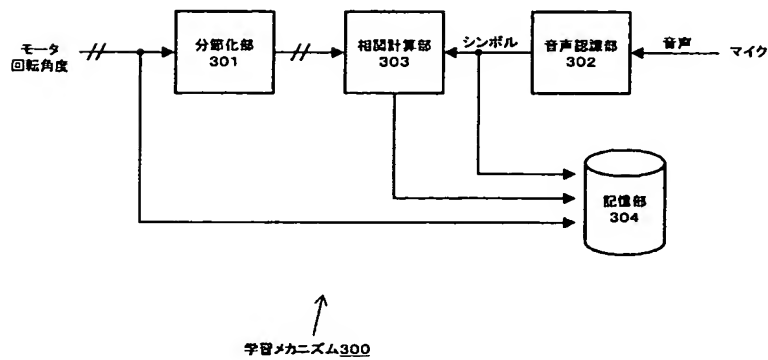




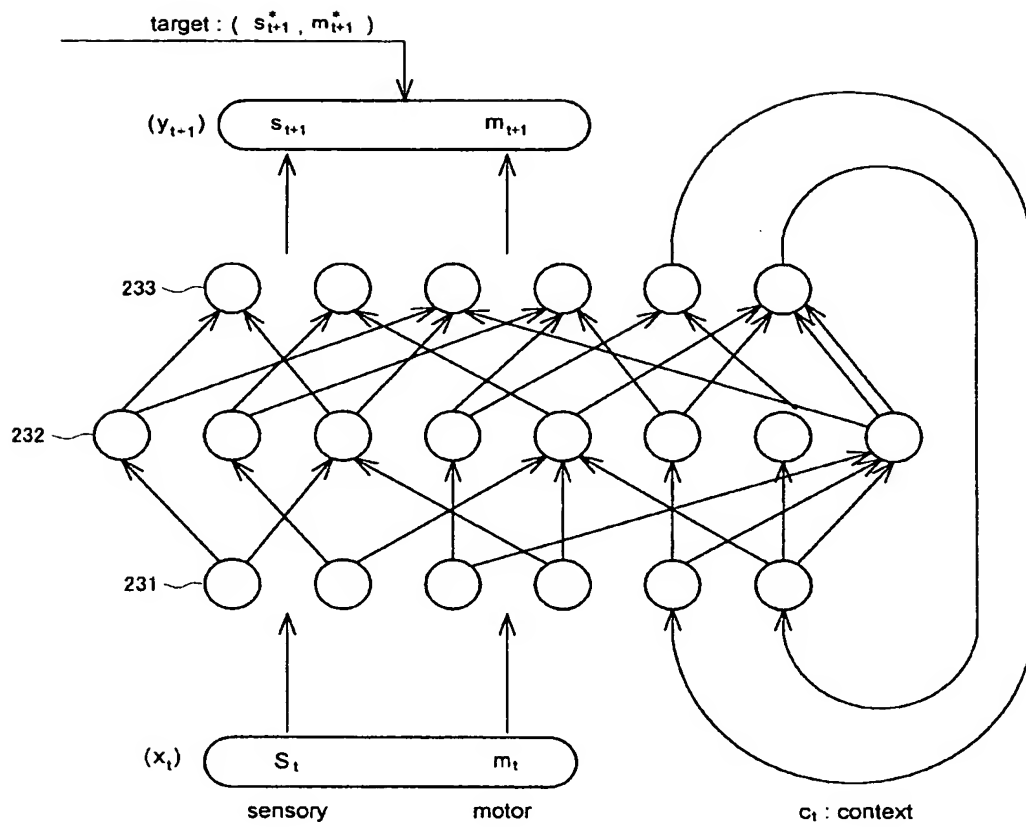
【図7】



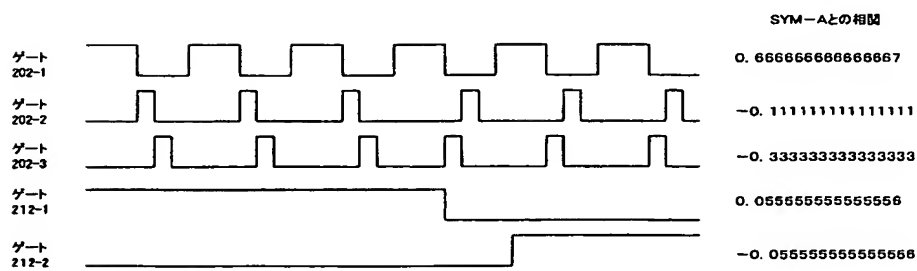
【図10】



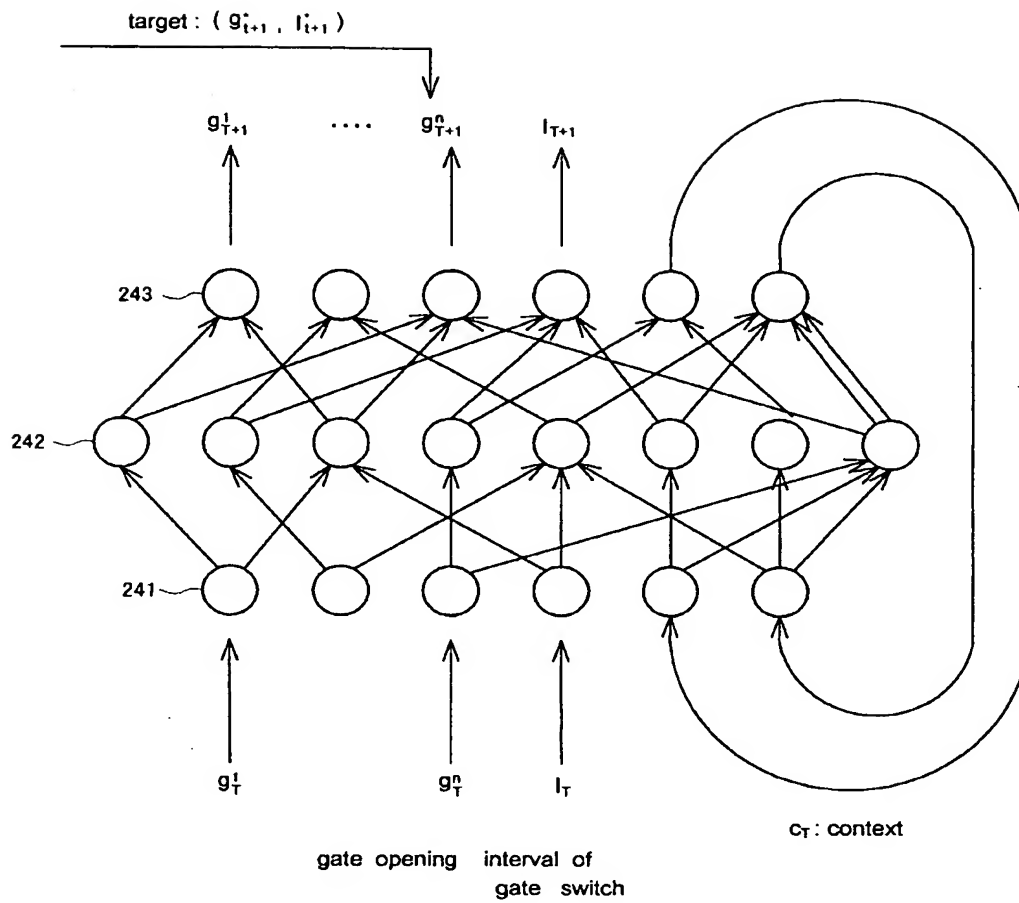
【図8】



【図15】

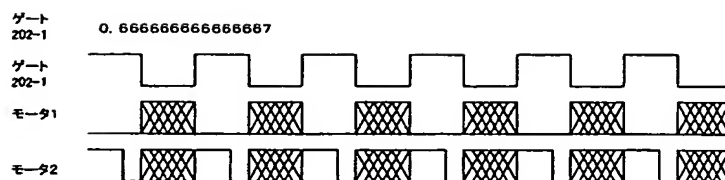


【図9】

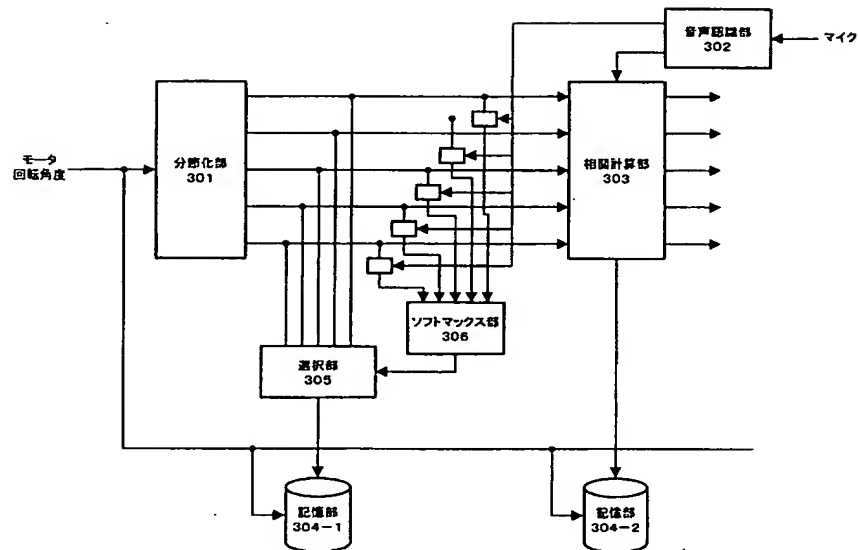


上位層リカレント  
ニューラル・ネットワーク  
211-1

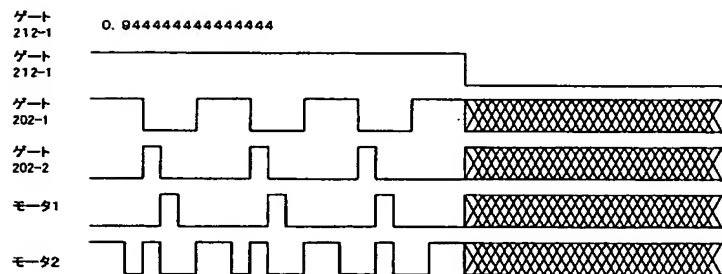
【図17】



【図11】



【図16】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3C007 AS36 BS09 CS08 CY02 HS09  
 HS27 JS02 JS07 KS03 KS04  
 KS16 KS20 KS27 KS31 KS38  
 KS39 KT02 KV01 KV06 KV09  
 KV11 KV18 KW01 KW07 KX13  
 LW12 LW15 MT14 WA04 WA14  
 WB13 WB14 WB19 WB22 WC29  
 SD015 GG04 HH04 KK01

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-337075

(43)Date of publication of application : 26.11.2002

---

(51)Int.Cl. B25J 5/00

B25J 13/00

G10L 15/00

G10L 15/24

---

(21)Application number : 2001-144079 (71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 15.05.2001 (72)Inventor : HANAGATA OSAMU

---

(54) LEG TYPE LOCOMOTIVE ROBOT AND ITS LEARNING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To store a taught action pattern associated with an input symbol of a voice or the like.

SOLUTION: This leg type locomotive robot clause-divides a relatively long teach action and the other behavior, and stores clause-divided each action associated with an input symbol recognized by speech recognition or the like. Accordingly, when the action is reproduced, a relatively long action pattern can be easily indicated. Even in the behavior not directly learning the same action, by association from the symbol input by a voice order, the close behavior can be manifested by the order.

---

LEGAL STATUS [Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JP0 and NCIP1 are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]



[Claim 1] The segmentation section which segments the instruction action which is a leg formula mobile robot having a mechanical component with two or more joint degrees of freedom, and was impressed to said mechanical component, The leg formula mobile robot characterized by providing the speech recognition section which recognizes the inputted voice and is changed into a symbol, the correlation count section which calculates correlation with each actuation and the symbol which were segmented, and the storage section which is made reminded of a symbol and memorizes each actuation based on a correlation count result.

[Claim 2] The leg formula mobile robot according to claim 1 characterized by what it has further the playback section of operation which reverse-segments each taken-out actuation and discovers action for while taking out the actuation of which it is reminded from the symbol inputted by voice directions from said storage section.

[Claim 3] The segmentation step which segments the instruction action which is the study approach for the leg formula mobile robot having a mechanical component with two or more joint degrees of freedom, and was impressed to said mechanical component, The speech recognition step which recognizes the inputted voice and is changed into a symbol, The study approach of the leg formula mobile robot characterized by providing the correlation count step which

calculates correlation with each actuation and the symbol which were segmented, and the storage step which is made reminded of a symbol and memorizes each actuation based on a correlation count result.

[Claim 4] The study approach of the leg formula mobile robot according to claim 3 characterized by what it has further the playback step of operation which reverse-segments each taken-out actuation and discovers action for while taking out the actuation of which it is reminded from the symbol inputted by voice directions.

[Claim 5] It is the storage which stored physically the computer software described to perform study processing for the leg formula mobile robot having a mechanical component with two or more joint degrees of freedom on computer system in the computer-readable format. Said computer software The segmentation step which segments the instruction action impressed to said mechanical component, The storage characterized by providing the speech recognition step which recognizes the inputted voice and is changed into a symbol, the correlation count step which calculates correlation with each actuation and the symbol which were segmented, and the storage step which is made reminded of a symbol and memorizes each actuation based on a correlation count result.

[Claim 6] Said computer software is a storage according to claim 4 characterized

by what it has further the playback step of operation which reverse-segments each taken-out actuation and discovers action for while taking out the actuation of which it is reminded from the symbol inputted by voice directions.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the leg formula mobile robot having two or more joint degrees of freedom, and its study approach, and relates to the leg formula mobile robot which associates the pattern of operation taught especially with input symbols, such as voice, and memorizes it, and its study approach.

[0002] Furthermore, the leg formula mobile robot which segments and memorizes the pattern of operation with which this invention was taught in detail, and its study approach are started, and while segmenting the pattern of operation taught especially, it is related with the leg formula mobile robot which associates the segmented pattern of operation with input symbols, such as voice,

\*\*, and the leveling and the irregular ground is realizable.

[0005] Recently, the researches and developments about leg formula mobile robots, such as a robot (humanoid robot) called "the human form" or "the human mold" designed by using as a model the body mechanism of an animal and actuation which perform the pet mold robot which imitated the body mechanism of the animal of quadrapedalism and its actuation like a dog or a cat, or a 2-pair-of-shoes walk in erect posture like Homo sapiens, progress, and the expectation for utilization has also been growing increasingly. For example, Sony Corp. released humanoid robot "SDR-3X" of a 2-pair-of-shoes walk on November 21, Heisei 12.

[0006] By the way, it calls it "instruction" or "teaching" to instill predetermined actuation to a robot. The instruction method which an operator or a user teaches with utmost care and kindness in a work site, the instruction method which performs input, creation, and edit of a pattern of operation on the editor of the robots exterior, such as a calculating machine, are held in instruction of operation. Moreover, the event in workspace can be made to be able to memorize serially and it can be made to utilize for the next action by carrying a learning function in a robot.

[0007] However, in the conventional robot, in order to perform instruction of operation, the operator needed to do the considerable extent understanding of a

and memorizes it, and its study approach.

[0003]

[Description of the Prior Art] The thing of the machinery which performs movement modeled on actuation of human being using the electric or magnetic operation is called "robot." It is said that a robot's origin of a word originates in "ROBOTA (slave machine)" of a slab word. Although it was in our country that a robot began to spread from the end of the 1960s, the many were the industrial robots (industrial robot) in works aiming at automation, full automation, etc. of production, such as a manipulator and a carrier robot.

[0004] Like an arm type robot, the robot of a deferment type which is implanted and used for a certain specific location works only in fixed and local workspaces, such as assembly, a sorting activity, etc. of components. On the other hand, the robot of workspace of a portable type is un-restrictive, and he can move free in a predetermined path or non-path top, and the human activity of predetermined or arbitration can be executed by proxy, or he can offer the various broad services which replace Homo sapiens, a dog, or other life objects. Especially, the mobile robot of a leg formula compares with a crawler type and tire-type robot, and although it is unstable and attitude control and walk control become difficult, he is excellent in the point that flexible walk / transit actuation which a stairway, rise and fall of a ladder, and an obstruction get over, and does not ask distinction of

robot's operating environment, and needed to become skilled, and burden of instruction / study activity was excessive.

[0008] When the object to teach is the flesh and blood animal equipped with the intelligence of human being, a dog, etc., an informer instills a pattern [ predetermined in inputting actuation with a gesture and a gesture, or net income and a gait ] of operation, speaking to this candidate for instruction. And the candidate for instruction relates with input symbols, such as a shout, and keeps the pattern of operation in mind. Therefore, if the same shout can be hung, such a candidate for instruction can be reminded of the pattern of operation directed based on the shout, and can discover near actuation according to the directed actuation or the contents of directions.

[0009] In addition, in such an instruction activity, it relates with the taught putter of operation, and the gestalt of the symbol to keep in mind is not necessarily limited to voice, such as a shout. for example, it is an image to show a predetermined object etc. or a head is touched -- it is -- it is -- it is good also considering a sensor input, such as striking, etc. as a symbol.

[0010] The learning function of it being reminded of such a symbol and teaching a pattern of operation is **\*\***(ed) to the real world, and it is easy to understand it intuitively also for an operator. Furthermore, it can direct easily by inputting the symbol sequence which arranged two or more symbols in on a time-axis,

comparatively long pattern of operation, i.e., action. However, the example which applied the learning function of being reminded of a symbol and making actuation memorize to the leg formula mobile robot is [ that there is nothing ] equal until now.

[0011] By the way, generally the control information about a robot can be treated as an assembly of the continuous time series data about a sensor or a joint actuator. On the other hand, it is known for the technical field of information processing as a study device for time series data that a RIKARENTO neural network is effective.

[0012] Here, a neural network is the model which simplified the neuron network in human being's brain, and means the network where nerve cell neurone is combined only with the one direction through the synapse which passes a signal. Transfer of the signal between neurone is performed through a synapse, and various information processing is attained by adjusting resistance of a synapse, i.e., weight, suitably. Each neurone inputs by carrying out weighting according the output from other one or more neurone to a synapse, adds deformation of a non-line type response function, and outputs total of these input values to other neurone again. In control by the neural network, since it has the learning function while being able to cope with non-line type problems, such as friction and viscosity, as it is, setting modification of a parameter becomes unnecessary.



[0013] Moreover, by equipping the interior with feedback connection, a RIKARENTO neural network has the information in front of 1 period in a network, and has become the structure which can grasp the hysteresis of time series data by this.

[0014] Furthermore, it segments automatically by the hierarchical RIKARENTO neural network, and it can save and various movements can be generated by performing kinematic control combining each segmented time series data. For example, in order to memorize the predetermined pattern of time series data alternatively, it is indicated by JP,11-126198,A already transferred to these people about the data processor and approach which were constituted so that the pattern of time series data could be segmented automatically.

[0015] By segmenting a huge quantity of time series data, and constituting hierarchical, data can be dealt with with comparatively few calculating-machine loads. For example, if a robot's taught pattern data of operation are constituted hierarchical, according to directions, a pattern of operation can be taken out at high speed, or synthetic processing of two or more patterns of operation can be performed easily.

[0016]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The purpose of this invention is to offer the great leg formula mobile robot which can associate the taught pattern of

operation with input symbols, such as voice, and can memorize it, and its study approach.

[0017] The further purpose of this invention is to offer the great leg formula mobile robot which can segment and memorize the taught pattern of operation, and its study approach.

[0018] The further purpose of this invention is to offer the great leg formula mobile robot which can associate the segmented pattern of operation with input symbols, such as voice, and can memorize it, and its study approach while segmenting the taught pattern of operation.

[0019]

[Means for Solving the Problem and its Function] This invention is made in consideration of the above-mentioned technical problem. The 1st side face The segmentation section which segments the instruction action which is a leg formula mobile robot having a mechanical component with two or more joint degrees of freedom, and was impressed to said mechanical component, He is the leg formula mobile robot characterized by providing the speech recognition section which recognizes the inputted voice and is changed into a symbol, the correlation count section which calculates correlation with each actuation and the symbol which were segmented, and the storage section which is made reminded of a symbol and memorizes each actuation based on a correlation

count result.

[0020] The leg formula mobile robot concerning the 1st side face of this invention may have further the playback section of operation which reverse-segments each taken-out actuation and discovers action while taking out the actuation of which it is reminded from the symbol inputted by voice directions from said storage section.

[0021] According to the leg formula mobile robot concerning the 1st side face of this invention, while segmenting comparatively long instruction actuation and other actions, each segmented actuation is associated with the input symbol recognized by speech recognition etc., and is memorized. Therefore, a comparatively long pattern of operation can be easily directed at the time of playback of operation. Moreover, even if it is the action which is not learning the same thing directly, near action can be discovered with directions by associating from the symbol inputted by voice directions.

[0022] Moreover, the segmentation step which segments the instruction action which the 2nd side face of this invention is the study approach for the leg formula mobile robot having a mechanical component with two or more joint degrees of freedom, and was impressed to said mechanical component, The speech recognition step which recognizes the inputted voice and is changed into a symbol, It is the study approach of the leg formula mobile robot characterized by

providing the correlation count step which calculates correlation with each actuation and the symbol which were segmented, and the storage step which is made reminded of a symbol and memorizes each actuation based on a correlation count result.

[0023] The study approach of the leg formula mobile robot concerning the 2nd side face of this invention may be further equipped with the playback step of operation which reverse-segments each taken-out actuation and discovers action while it takes out the actuation of which it is reminded from the symbol inputted by voice directions.

[0024] Moreover, the 3rd side face of this invention is the storage which stored physically the computer software described to perform study processing for the leg formula mobile robot having a mechanical component with two or more joint degrees of freedom on computer system in the computer-readable format. The segmentation step which segments the instruction action to which said computer software was impressed to said mechanical component, The speech recognition step which recognizes the inputted voice and is changed into a symbol, It is the storage characterized by providing the correlation count step which calculates correlation with each actuation and the symbol which were segmented, and the storage step which is made reminded of a symbol and memorizes each actuation based on a correlation count result.

[0025] In the storage concerning the 3rd side face of this invention, said computer software may be further equipped with the playback step of operation which reverse-segments each taken-out actuation and discovers action while it takes out the actuation of which it is reminded from the symbol inputted by voice directions.

[0026] The storage concerning the 3rd side face of this invention is a medium which offers computer software in a computer-readable format to the general purpose computer system which can perform various program codes, for example. Attachment and detachment of CD (Compact Disc), FD (Floppy Disk), MO (Magneto-Optical disc), etc., etc. are free for such a medium, and it is a storage of portability. Or it is also technically possible to provide specific computer system with computer software via transmission media, such as a network (for a network not to ask distinction of wireless and a cable), etc.

[0027] Such a storage defines the collaboration-relation on the structure of the computer software and the storage for realizing the function of computer software predetermined in a computer system top, or a function. If it puts in another way, by installing predetermined computer software in computer system through the storage concerning the 3rd side face of this invention, on computer system, a collaboration-operation is demonstrated and the same operation effectiveness as the study approach of the leg formula mobile robot concerning

the 1st side face of this invention or the leg formula mobile robot concerning the 2nd side face of this invention can be acquired.

[0028] The purpose, the description, and advantage of further others of this invention will become [ rather than ] clear by detailed explanation based on the example and the drawing to attach of this invention mentioned later.

[0029]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the example of this invention is explained in detail, referring to a drawing.

[0030] The appearance configuration of the leg formula mobile robot 1 which performs the leg formula walk by the limbs with which operation is presented in this invention in drawing 1 is shown. This leg formula mobile robot 1 is a mobile robot of the multi-joint mold constituted by using as a model the configuration and structure of an animal of having the limbs as illustration. User actuation was answered and the leg formula mobile robot 1 especially applied to this operation gestalt can do an expression of operation while he has a side face of the pet mold robot designed by imitating the configuration and structure of a dog which are the example of representation of a pet, for example, coexists with human being in human being's living conditions.

[0031] The leg formula mobile robot 1 consists of, the idiosoma unit 2, a head unit 3, a tail 4, and Limbs 6A-6D, i.e., leg units.

[0032] The control unit (after-mentioned: not shown to drawing 1 ) which controls airframe actuation in generalization, and the dc-battery 21 (not shown to drawing 1 ) which is the main power supply of an airframe are held in the idiosoma unit 2.

[0033] The head unit 3 is arranged in the upper limit before abbreviation of the idiosoma unit 2 through the neck joint 7 with a roll, a pitch, and the degree of freedom of each shaft orientations (illustration) of a yaw. Moreover, the remote controller receive section 20 which receives the image recognition sections 15, such as a CCD (Charge Coupled Device: charge-coupled device) camera equivalent to the "eye" of a dog, the microphone 16 equivalent to a "lug", the loudspeaker 17 equivalent to "opening", the touch sensor 18 equivalent to tactile feeling, two or more LED indicators 19, and the command transmitted through a remote controller (not shown) from a user is carried in the head unit 3. The sensor which constitutes a living body's senses besides these may be included.

[0034] The tail 4 is attached in the abbreviation Gokami edge of the idiosoma unit 2 free [ a curve or rocking ] through the tail joint 8 with the degree of freedom of a roll and a pitching axis.

[0035] The leg units 6A and 6B constitute a forefoot, and the leg units 6C and 6D constitute hind legs. Each leg units 6A-6D consist of combination of the femoral region units 9A-9D and the leg part units 10A-10D, and are attached in each corner of front and rear, right and left on the base of the idiosoma unit 2,



respectively. The femoral region units 9A-9D are connected with each predetermined part of the idiosoma unit 2 by the hip joints 11A-11D with a roll, a pitch, and the degree of freedom of each shaft of a yaw. Moreover, it is connected by the knee joints 12A-12D with the degree of freedom of a roll and a pitching axis between the femoral region units 9A-9D and the leg part units 10A-10D.

[0036] the leg formula mobile robot 1 constituted like illustration making the head unit 3 shake vertically and horizontally by driving each joint actuator by the command from a control section mentioned later, or making a tail 4 wag \*\*\*\* -- each -- a foot -- Units 6A-6D -- a synchronization -- it is made to drive cooperatively and actuation of a walk, transit, etc. can be realized.

[0037] In addition, in fact, the leg formula mobile robot's 1 joint degree of freedom is arranged for every shaft, and is offered by the rotation drive of a joint actuator (not shown to drawing 1 ). Moreover, the number of the joint degree of freedom which the leg formula mobile robot 1 has is arbitrary, and does not limit the summary of this invention.

[0038] The block diagram of the electrical and electric equipment and control network of the leg formula mobile robot 1 concerning this operation gestalt is typically shown in drawing 2 . As shown in this drawing, the leg formula mobile robot 1 consists of the control section 20 which performs generalization-control

of the whole actuation, and other data processing, the I/O section 40, a mechanical component 50, and a power supply section 60. Hereafter, each part is explained.

[0039] The I/O section 40 contains various kinds of sensors equivalent to the senses, such as CCD camera 15 which is equivalent to a mobile robot's 1 eyes as the input section, and the microphone 16 equivalent to a lug, the touch sensor 18 equivalent to tactile feeling. Moreover, the loudspeaker 17 equivalent to opening etc. is equipped as the output section. These output section can express the user feedback which used airframe actuation from the leg formula mobile robot 1 as the base in the form of [ other than a machine movement pattern with a foot etc. ].

[0040] The leg formula mobile robot 1 can recognize the objective configuration and the color of arbitration which exist on workspace by a camera 15 being included. Moreover, the leg formula mobile robot 1 may have further the receiving set which receives dispatch waves other than a vision means like a camera, such as infrared radiation, an acoustic wave, a supersonic wave, and an electric wave. In this case, based on the sensor output which detects each carrier wave, the location and sense from the source of dispatch are measurable.

[0041] A mechanical component 50 is functional block which realizes machine movement of a bipedal robot 1 according to the predetermined movement

pattern which a control section 20 orders it, and consists of drive units prepared for every shafts, such as a roll in each joint, such as a neck joint, the shoulder joint, an elbow joint, a truncus joint, a hip joint, a knee joint, and an ankle joint, a pitch, and a yaw. A bipedal robot 1 has the joint degree of freedom of n pieces, therefore a mechanical component 50 is constituted from the example of illustration by n drive units. Each drive unit consists of combination of the driver 53 which controls the rotation location and rotational speed of a motor 51 accommodative based on the output of the motor 51 which performs rotation actuation of the circumference of a predetermined shaft, the encoder 52 which detects the rotation location of a motor 51, and an encoder 52.

[0042] A power supply section 60 is a functional module which supplies electric power to each electrical circuit in literal [ the ] and a bipedal robot 1 etc. The bipedal robot 1 concerning this example is the autonomous drive type which used the dc-battery, and a power supply section 60 consists of a charge dc-battery 61 and a charge-and-discharge control section 62 which manages the charge-and-discharge condition of the charge dc-battery 61.

[0043] The charge dc-battery 61 consists of gestalten of the "battery pack" which package-ized two or more nickel cadmium battery cels to the cartridge-type.

[0044] Moreover, the charge-and-discharge control section 62 grasps the remaining capacity of a dc-battery 61 by measuring the terminal voltage of a

dc-battery 61, charge/strength of discharge current, the ambient temperature of a dc-battery 61, etc., and determines an initiation stage, a termination stage, etc. of charge.

[0045] A control section 20 is equivalent to "brains", for example, is carried in a mobile robot's 1 head unit 3 or idiosoma unit 2.

[0046] The configuration of a control section 20 is further illustrated in the detail at drawing 3 . As shown in this drawing, the control section 20 has the composition that the bus connection of CPU (Central Processing Unit)21 as a Main controller was carried out to each circuit component, which are memory and others, or a peripheral device. The address (a memory address or I/O Address) of a proper is assigned at each to each equipment on a bus 27, and CPU21 can communicate with the specific equipment on a bus 27 by addressing.

[0047] RAM (Random Access Memory)22 is the memory which consisted of volatile memory, such as DRAM (Dynamic RAM), and which can be written in, loads the program code for robot controls which CPU21 performs, or is used for temporary preservation of activity data.

[0048] ROM (Read Only Memory)23 is a read-only memory which stores a program and data everlastingly. The self-test test program performed to the leg formula mobile robot's 1 power up, the control program (firmware) which specifies actuation of a mobile robot 1 are mentioned to the program code stored

in ROM23.

[0049] With this operation gestalt, the learning function based on a RIKARENTO neural network (RNN) is applied to the leg formula mobile robot's 1 control program. According to the RIKARENTO neural network, serial study can be performed. For example, the movement pattern incorporated by motion capture etc. is automatically segmented by the hierarchical RIKARENTO neural network, it can save and various movements can be generated by performing kinematic control combining each segmented time series data. However, the after-mentioned is yielded about the configuration of a RIKARENTO neural network, or the detail of study / instruction device using a RIKARENTO neural network.

[0050] Like EEPROM (Electrically Erasable and Programmable ROM), nonvolatile memory 24 consists of memory devices in which elimination re-writing is possible electrically, and it is used in order to hold the data which should be updated serially in un-volatilizing. The model (a feeling model, instinct model) which specifies the leg formula mobile robot's 1 behavior pattern is mentioned to the data which should be updated serially.

[0051] An interface 25 is equipment for interconnecting with the device besides a control section 20, and making the data exchange possible. An interface 25 performs data I/O between a camera 15, a microphone 16, and a loudspeaker

17. Moreover, an interface 25 is each driver 53-1 in a mechanical component 50.

-- I/O of data or a command is performed in between. Moreover, an interface 25 can also perform transfer of charge initiation and a charge terminate signal among power supply sections 60.

[0052] An interface 25 Moreover, serial interface, such as RS(Recommended Standard)-232C, Parallel interfaces, such as IEEE (Institute of Electrical and electronics Engineers)1284, A USB (Universal Serial Bus) interface, An i-Link (IEEE1394) interface, a SCSI (Small Computer System Interface) interface, etc. It has a general interface for peripheral-device connection of a computer, and may be made to perform program and migration of data between the external instruments by which local connection was made.

[0053] Moreover, it has an infrared-ray-communication (IrDA) interface as one of the interfaces 25, and may be made to perform an external instrument and radio. As for the transceiver section for infrared ray communication, it is desirable like for example, a head unit to be installed in the point of bipedal robot 1 body from a viewpoint of receiving sensibility.

[0054] Furthermore, a control section 20 can perform an external host computer 100 and data communication via contiguity radio as shown in "bluetooth" or ".11B" or LAN (Local Area Network:, for example, Ethernet), or the Internet including radio interface 26 Network Interface Card (NIC) 27.

[0055] The purpose of the data communication between such a robot and a host computer is operating actuation of the leg formula mobile robot 1 by remote control using a remote computer resource. Moreover, other purposes of this data communication are to supply data and program of the robots 1, such as a model of operation and other program codes, required for motion control to a bipedal robot 1 via a network. Moreover, other purposes of this data communication are to transmit the instruction data obtained with motion capture, a teaching pendant, etc. to a robot side (it is also possible to carry out direct teaching, of course, when an operator impresses external force to the leg formula mobile robot's 1 airframe).

[0056] The leg formula mobile robot's 1 motion control is actually realized by performing a predetermined software program in CPU21. The software control configuration which works on the leg formula mobile robot 1 concerning this operation gestalt is typically shown in drawing 4 .

[0057] As shown in this drawing, the software for robot controls is equipped with the layered structure which consists of software of two or more layers. Object oriented programming can be taken in for the software for control. In this case, each software is treated in the module unit of the "object" which made the processing procedure over data and its data unify.

[0058] The device driver of the lowest layer is the object which had it permitted to

carry out direct access to hardware, such as a drive of each joint actuator, and reception of a sensor output, and performs processing which answers and corresponds to an interrupt request from hardware.

[0059] A virtual robot is an object used as agency with various device drivers and the object which operates based on the predetermined communications protocol between objects. Access to each hardware which constitutes the leg formula mobile robot 1 is performed through this virtual robot.

[0060] A service manager is a system object which urges connection to each object based on the initial entry between the objects described by the connection file.

[0061] the modularization of the software of a high order is carried out from a system layer to every object (process) -- having -- \*\*\*\* -- every required function -- an object -- choosing -- a permutation -- it has easy composition. Therefore, I/O of the object whose data type corresponds is freely connectable by rewriting a connection file.

[0062] Software modules other than a device driver layer and a system layer are divided roughly into a middleware layer and the application layer.

[0063] In drawing 5 , the internal configuration of a middleware layer is illustrated typically.

[0064] A middleware layer is an assembly of a software module which offers the



leg formula mobile robot's 1 fundamental function, and the configuration of each module is influenced of hardware attributes, such as the leg formula mobile robot's 1 mechanical and electric property and specification, and a configuration.

[0065] This middleware layer can be functionally divided into the middleware (left half of drawing 5 ) of a recognition system, and the middleware (right half of drawing 5 ) of an output system.

[0066] In the middleware of a recognition system, raw data supplied from hardware, such as image data, voice data, and detection data obtained from other sensors, are received via a virtual robot, and these are processed. It is based on various input. Namely, speech recognition, distance detection, posture detection, Process contact, motion detection, color recognition, etc. and obtain a recognition result. (For example, "it having recognized (obstruction) etc.") . [ "the ball was detected", "the fall having been detected", "it having been stroked", "it having been struck", "the scale of C-E-G having been heard", "it having detected (body which moves)", "it having detected (obstruction)", ] A recognition result is notified to the application layer of a high order through an input semantics converter, and is used for a subsequent action plan, study, etc.

[0067] On the other hand, in the middleware of an output system, functions, such as a walk, playback of a motion, composition of an output sound, and lighting control of LED equivalent to an eye, are offered. That is, reception of the action

plan drawn up in the application layer is carried out through an output semantics converter, the servo command value of each joint of a robot, an output sound, output light (LED), output voice, etc. are generated for every function of the leg formula mobile robot 1, and it is discovered as airframe actuation of the leg formula mobile robot 1 through an output, i.e., a virtual robot. According to such structure, the application layer can control the leg formula mobile robot 1 by giving not a physical command like the control command to a joint actuator but a more abstract action command (for example, it barking [ it moves forward, retreats and is pleased with ] tracking being carried out [ carrying out / which goes to sleep / gymnastics, that it is surprised, ]).

[0068] Moreover, to drawing 6 , the internal configuration of the application layer is illustrated typically. The application layer consists of one or more application software which controls internal states, such as airframe actuation of the leg formula mobile robot 1, and instinct, feeling.

[0069] Application returns the action for which determined the leg formula mobile robot's 1 action plan, and it opted via the output semantics converter using the recognition result received via the input semantics converter.

[0070] Application consists of the feeling model which modeled a robot's feeling, the instinct model which modeled instinct, a study module which memorizes the external event serially, a behavioral model which modeled the behavior pattern,

and the action change section which changes the output destination change of the action for which the behavioral model opted.

[0071] The recognition result inputted via an input semantics converter is inputted into a study module as a study instruction signal while it is inputted into a feeling model, an instinct model, and a behavioral model.

[0072] It is transmitted to an action change section list via an output semantics converter at middleware, and the leg formula mobile robot's 1 action for which the behavioral model opted is performed on the leg formula mobile robot's 1 airframe. Or a feeling model, an instinct model, and a study module are supplied as action hysteresis as action hysteresis through the action change section.

[0073] The feeling model and the instinct model had a recognition result and action hysteresis in the input, respectively, and have managed the feeling value and the instinct value. Refer to these feeling value or the instinct value for a behavioral model. Moreover, a study module updates an action selection probability based on a study instruction signal, and supplies the contents of updating to a behavioral model.

[0074] the study module concerning this operation gestalt -- movement instruction equipments (not shown), such as motion capture and a teaching pendant, -- or the time series data acquired through the direct teaching actuation to an airframe and a joint include-angle parameter are associated, and it learns

as time series data. A RIKARENTO neural network configuration is adopted for study of time series data.

[0075] Here, a neural network is the model which simplified the neuron network in human being's brain, and means the network where nerve cell neurone is combined only with the one direction through the synapse which passes a signal. Transfer of the signal between neurone is performed through a synapse, and various information processing is attained by adjusting resistance of a synapse, i.e., weight, suitably. Each neurone inputs by carrying out weighting according the output from other one or more neurone to a synapse, adds deformation of a non-line type response function, and outputs total of these input values to other neurone again.

[0076] Moreover, in a RIKARENTO neural network, joint relation in which the output of the past in each unit is returned to other units in a network (or itself) is permitted. Therefore, the dynamic property in which the condition of each neurone changes depending on time amount can be included in a network, and recognition and prediction of a time series pattern can be performed.

[0077] The study module concerning this operation gestalt can generate various movement patterns by performing kinematic control by combining each divided time series data while the movement pattern which is time series data by constituting such a RIKARENTO neural network hierarchical is divided

automatically and it saves it.

[0078] The configuration of the hierarchical RIKARENTO neural network concerning this operation gestalt is typically shown in drawing 7 . The hierarchical RIKARENTO neural network shown in this drawing consists of arranging each RIKARENTO neural network (after-mentioned) hierarchical.

[0079] As already stated, the leg formula mobile robot 1 has the joint actuating motor for making an airframe drive, and the sensor for measuring the environment of the airframe exterior of joint actuation or others.

[0080] The input  $x_t$  corresponding to the condition of a sensor and a motor is inputted into  $n$  RIKARENTO mold neural networks 201-1 which constitute the lower layer of the hierarchical RIKARENTO neural network 200 shown in drawing 7 - 201- $n$ .

[0081] The example of a configuration of the RIKARENTO mold neural network 201-1 of a lower layer is expressed to drawing 8 . In addition, although illustration is omitted, other lower layer RIKARENTO mold neural networks 201-2 - 201- $n$  as well as the RIKARENTO mold neural network 201-1 of illustration are constituted.

[0082] As shown in drawing 8 , the RIKARENTO mold neural network 201-1 of a lower layer has the neurone 231 of a predetermined number of input layers, and the input  $s_t$  corresponding to the condition of a sensor and the input  $m_t$

corresponding to the condition of a motor are inputted into this neurone 231. The output of neurone 231 is made as [ supply / the neurone 233 of an output layer ] through an interlayer's neurone 232. And from the neurone 233 of an output layer, it is made as [ output / output  $st+1$  corresponding to the condition of the RIKARENTO mold neural network's 201-1 sensor and output  $mt+1$  corresponding to the condition of a motor ]. Moreover, a part of output is made as [ feed / to the neurone 231 of an input layer ] as a context (context) Ct.

[0083] The output of the RIKARENTO mold neural network 201-1 thru/or 201-n is inputted and compounded by the synthetic circuit 203 through the corresponding gate 202-1 thru/or 202-n, and is made as [ output / prediction output  $yt+1$  ].

[0084] It is made as [ control / the condition of the gate 202-1 - 202-n that the error of desired value  $y^*t +1$  as an instruction signal and the output of each RIKARENTO neural network 201-1 of a lower layer - 201-n corresponds at the time of study ].

[0085] The RIKARENTO mold neural network 201-1 of the lower layer mentioned above - 201-n, the gate 202-1 or 202-n, and the same configuration as the synthetic circuit 203 are formed more also in the hierarchy of a high order. That is, the RIKARENTO mold neural network 211-1 - 211-n, the gate 212-1 - 212-n, and the synthetic circuit 213 are arranged by the hierarchy of a high order.

And it is made by the RIKARENTO mold neural network 211-1 - 211-n as [ input / the sequence (gate sequence)  $G_t$  corresponding to each switch-on (whenever / closing motion /) of a low-ranking hierarchy's gate 202-1 - 202-n ]. And output  $G_{1T+1}$ - $G_{nT+1}$  is outputted from each RIKARENTO mold neural network 211-1 - 211-n, and it is made as [ output / prediction output  $G_{T+1}$  ] from the synthetic circuit 213. Moreover, desired value  $G^*T + 1$  is inputted as an instruction signal at the time of study.

[0086] In addition, although only two hierarchies are shown in drawing 7 , it is also possible to arrange the hierarchy of a high order further more if needed.

[0087] The configuration of a high order hierarchy's RIKARENTO mold neural network 211-1 is expressed to drawing 9 . In addition, other high order RIKARENTO mold neural networks 211-2 - 211-n are also considered as the same configuration as the RIKARENTO mold neural network 211-1 of illustration.

[0088] As shown in drawing 9 , the RIKARENTO mold neural network 211-1 is fundamentally constituted like the RIKARENTO mold neural network 201-1 shown in drawing 8 , and the neurone 242 of plurality [ neurone / 241 / layer / input / two or more ] and two or more neurone [ layer / output ] 243 are arranged at the interlayer, respectively. While signal  $g_1 T$ - $g_n T$  corresponding to the switch-on of the gate 202-1 - 202-n is inputted, the period (time amount)  $IT$  which has flowed through the gate (disconnection) is inputted into an input layer. From

an output layer, output  $g_{1T+1}$ - $g_{nT+1}$  and  $I_{T+1}$  are outputted corresponding to these inputs. Moreover, a part of output of an output layer is fed back to the input layer as a context CT.

[0089] Here, the algorithm of the RIKARENTO mold neural network 201-1 - 201-n is explained.

[0090] Using the activation function of software MAKKUSU (soft-max), the switch-on of the gate is expressed, as shown in a degree type.

[0091]

[Equation 1]

$$g^i = \frac{e^{s^i}}{\sum_{j=1}^n e^{s^j}} \quad (1)$$

[0092] Here,  $g_i$  expresses the gate multiplier corresponding to the switch-on of the  $i$ -th gate, and  $s_i$  expresses the value corresponding to the internal state of the switch-on of the  $i$ -th gate. Therefore, output  $y_{t+1}$  of the synthetic circuit 3 is expressed with a degree type.

[0093]

[Equation 2]

$$y_{t+1} = \sum_{i=1}^n g^i \cdot y^i_{t+1} \quad (2)$$



[0094] Here, the likelihood function shown by the degree type used as the greatest value is defined at the time of prediction study.

[0095]

[Equation 3]

$$\ln L = \ln \sum_{j=1}^n g^j \cdot e^{\frac{-1}{2\sigma^2} \|y^{i,i+1} - y^{j,i+1}\|^2} \quad (3)$$

[0096] In addition, sigma expresses the scaling parameter here.

[0097] At the time of study, the weighting factor of the RIKARENTO mold neural network 201-1 - 201-n and the gate multiplier g are updated by coincidence so that a likelihood function may serve as max. Only a gate multiplier is updated at the time of recognition.

[0098] In order to establish the Ruhr which updates these weighting factors and gate multipliers, it asks for the inclination about the internal variable  $s_i$  of the exponential function of a likelihood function, and the inclination about the output  $y_i$  of the i-th RIKARENTO mold neural network like a degree type.

[0099]

[Equation 4]

$$\frac{\delta \ln L}{\delta s^i} = g(i|x_t, y^{*}_{t+1}) - g^i \quad (4)$$

$$\frac{\delta \ln L}{\delta y^i} = g(i|x_t, y^{*}_{t+1})^i \frac{(y^{*}_{t+1} - y^i_{t+1})}{\sigma^2} \quad (5)$$

[0100] Here, when the i-th RIKARENTO mold neural network is Input  $x_t$ ,  $g(i|x_t, y^{*}_{t+1})$  means the after [ an event ] probability to generate target output  $y^{*}_{t+1}$ , and is expressed with a degree type.

[0101]

[Equation 5]

$$g(i|x_t, y^{*}_{t+1}) = \frac{g^i \cdot e^{\frac{-1}{2\sigma^2} \|y^{*}_{t+1} - y^i_{t+1}\|^2}}{\sum_{j=1}^n g^j \cdot e^{\frac{-1}{2\sigma^2} \|y^{*}_{t+1} - y^j_{t+1}\|^2}} \quad (6)$$

[0102] Here,  $\|y^{*}_{t+1} - y^j_{t+1}\|^2$  express the square error of current prediction.

[0103] The above-mentioned (4) formula expresses the direction which updates  $s_i$ . Moreover, as shown in (5) types, the inclination about  $y_{it+1}$  of the exponential function of a likelihood function includes the error term of error condition  $y^{*}_{t+1} - y_{it+1}$ . Weighting of this error term is carried out by the after [ an event ] probability of the i-th RIKARENTO mold neural network.

[0104] Thus, only in proportion to an after [ an event ] probability, the weighting factor of the RIKARENTO mold neural network 201-1 - 201-n is adjusted so that the output of the i-th RIKARENTO mold neural network and the error of desired value may be amended. Thereby, only one expert RIKARENTO mold neural network is made as [ learn / the given training pattern / exclusively ] among n RIKARENTO mold neural networks. The error of each RIKARENTO mold neural network is expressed with a degree type.

[0105]

[Equation 6]

$$error^{i_{t+1}} = g(i|x_t, y^{*_{t+1}}) \cdot (y^{*_{t+1}} - y^{i_{t+1}}) \quad (7)$$

[0106] Actual study of the RIKARENTO mold neural network 201-1 - 201-n is performed by the back-propagation method based on the error acquired by the above-mentioned formula. Thereby, study is performed so that the RIKARENTO mold neural network 201-1 - 201-n may become the expert who can identify a predetermined time series pattern which is different from others among Inputs  $x_t$ , respectively.

[0107] The above thing is more the same also in the RIKARENTO mold neural network 211-1 in the hierarchy of a high order - 211-n. However, the input which can be set in this case is the gate sequence GT, and that output is set to GiT+1.

[0108] Thus, when a specific pattern of operation with the constituted leg formula mobile robot 1 is discovered, it changes according to each gate 202-1 with which switching operation of output is carried out-- of each RIKARENTO mold neural network 201-1 -- and 211-1--, and the advance of actuation of switch-on to 212-1 --.

[0109] The Kaisei condition of a certain gate expresses the activation of a RIKARENTO mold neural network which has an output in the gate. Moreover, there are a manifestation of a specific pattern of operation, the gate with correlation, and the gate that is not so. Therefore, when a certain pattern of operation is taught to the leg formula mobile robot 1, instruction actuation can be learned by carrying out self-organizing of the hierarchical RIKARENTO neural network so that switch-on of the gate with this instruction actuation and correlation may be realized.

[0110] The leg formula mobile robot 1 concerning this operation gestalt can receive instruction of operation with symbol inputs, such as voice. That is, at the time of study, at the time of - actuation instruction, it is reminded of input symbols, such as directions voice, and instruction actuation is memorized. The learning function of it being reminded of such a symbol and teaching a pattern of operation is \*\*(ed) to the real world, and it is easy to understand it intuitively also for an operator.

[0111] Furthermore, the leg formula mobile robot 1 concerning this operation gestalt associates each segmented actuation with the input symbol recognized by speech recognition etc., and memorizes it while he segments comparatively long instruction actuation and other actions.

[0112] Therefore, the leg formula mobile robot 1 concerning this operation gestalt can direct a comparatively long pattern of operation easily at the time of playback of operation. Moreover, even if it is the action which is not learning the same thing directly, near action can be discovered with directions by associating from the symbol inputted by voice directions.

[0113] In drawing 10 , the configuration of the study mechanism 300 of the leg formula mobile robot 1 concerning this operation gestalt based on the associative storage of segmentation of action, and the action and the symbol which were segmented is illustrated typically.

[0114] This study mechanism 300 consists of the segmentation section 301 which segments the action on the leg formula mobile robot's 1 airframe, the speech-recognition section 302 which recognize the voice inputted from the voice-input sections, such as a microphone, and change into a symbol, the correlation count section 303 which calculate correlation with the symbol recognized to be the segmented action, and the storage section 304 which associate with a symbol the action segmented based on a correlation result, and

memorize. The correlation count section 303 calculates correlation with action and a symbol using multivariate analysis etc.

[0115] In drawing 11 , the functional configuration at the time of the study in the study mechanism 300 is illustrated.

[0116] The segmentation section 301 inputs angle of rotation which you were made to drive at the time of instruction of operation according [ each joint actuating motor which constitutes the leg formula mobile robot 1 ] to an operator.

[0117] As already stated, in a hierarchical RIKARENTO neural network configuration as shown in drawing 7 , the output of each RIKARENTO neural network is inputted and compounded by the same hierarchy's synthetic circuit through the corresponding gate, and is outputted as a prediction output. And the switch-on of the gate which corresponds according to the error of the desired value as an instruction signal and the output of each RIKARENTO neural network at the time of study is controlled.

[0118] The segmentation section 301 will segment this for each [ in the hierarchical RIKARENTO neural network 200 ] gate output of every, if the taught action is inputted in the format of angle of rotation of each joint actuating motor.

[0119] The selection section 305 generates each gate output which specifies instruction actuation using the switch-on of each gate determined using the activation function of the software MAKKUSU (soft-max) section 306, relates this

with actuation of the joint actuating motor showing instruction actuation, and saves it in the storage section 304-1.

[0120] The correlation count section 303 calculates correlation with the activation data of each segmented gate, and the input symbol recognized by the speech recognition section 302 using technique, such as multivariate analysis.

And the segmented gate output is associated with a symbol based on this correlation result, and it memorizes in the storage section 304-2.

[0121] In addition, the storage section 304-1 and the storage section 304-2 may be constituted as independent storage, even if it is the same storage.

[0122] Moreover, to drawing 12, the functional configuration for reproducing the instruction actuation at the time of the symbol input in the voice base in the study mechanism 300 is illustrated.

[0123] Suppose that the operator emitted directions with voice after teaching some actions to the leg formula mobile robot 1. These contents of directions are recognized by the speech recognition section 302, and are changed into a symbol.

[0124] Subsequently, in the storage section 304-2 which carries out associative storage of the symbol to the segmented action, this input symbol is searched and the gate switch-on data which specified the corresponding action are taken out.

[0125] The taken-out gate switch-on data are reproduced as a command value over each joint actuating motor for being segmented reverse and realizing taught action. The taught action will be reproduced by controlling the drive of airframe actuation, i.e., each joint actuator, based on this command value.

[0126] Subsequently, the operating characteristic of this study mechanism 300 is explained, giving an example.

[0127] In drawing 13 , angle of rotation of the joint actuating motor taught with the symbol input is illustrated as the symbol supplied to the study mechanism 300. However, for the simplification of explanation, the input symbol to treat is made into two kinds, SYM-A and SYM-B, and the number of a joint actuating motor may be two pieces. moreover -- time a certain symbol si of the speech recognition section 302 is effective -- Sit=1 -- outputting -- otherwise, -- coming -- being alike -- Sit=-1 shall be outputted

[0128] In the correlation count section 303, correlation with each gate output and input symbol which constitute the hierarchical RIKARENTO neural network 200 is calculated using technique, such as multivariate analysis. For example, the correlation Cij with Symbol sl and the segmentation signal Bj after going through the existing time amount T is computed using the following formulas.

[0129]

[Equation 7]



$$C_{ij} = \frac{\sum S_{is} \times B_{js}}{T} \quad (8)$$

[0130] The correlation result of input symbol SYM-A and each gate output is shown in drawing 14 . Similarly, the correlation result of input symbol SYM-B and each gate output is shown in drawing 15 . However, for the simplification of explanation, the hierarchical RIKARENTO neural network 200 used for study of instruction actuation considers only as two hierarchies who consist of each class of a high order and low order, a lower layer has the three gates 202-1,202-2,202-3 corresponding to each three RIKARENTO neural networks, and the upper layer presupposes it that it has the two gates 212-1,212-2 corresponding to each two RIKARENTO neural networks.

[0131] In the example shown in drawing 14 , the gate 212-1 has the highest correlation value with symbol SYM-A. This means having memorized the instruction action in which the RIKARENTO neural network 211-1 of the high order corresponding to this gate 212-1 is equivalent to symbol SYM-A.

[0132] Moreover, in the example shown in drawing 15 , although the gate 202-1 has the highest correlation value with symbol SYM-B, this means having memorized the instruction action in which the RIKARENTO neural network 201-1 of the high order corresponding to this gate 202-1 is equivalent to symbol SYM-B.

[0133] Here, as for a motor output, a gate signal with the highest correlation is disregarded by other gate signal lists during diminishment, i.e., an inactive period. This situation is shown in drawing 16 and drawing 17 .

[0134] Therefore, the contents by which associative storage is carried out to each symbol SYM-A list as a result of segmentation and correlation count about SYM-B at storage 304 become as they are shown in the drawing 18 list at drawing 19 .

[0135] It has explained in detail about this invention, referring to a specific example more than [addenda]. However, it is obvious that this contractor can accomplish correction and substitution of this example in the range which does not deviate from the summary of this invention.

[0136] The summary of this invention is not necessarily limited to the product called a "robot." That is, if it is the machinery which performs movement modeled on actuation of human being using the electric or magnetic operation, even if it is the product which belongs, for example to other industrial fields, such as a toy, this invention is applicable similarly.

[0137] In short, with the gestalt of instantiation, this invention has been indicated and it should not be interpreted restrictively. In order to judge the summary of this invention, the column of the claim indicated at the beginning should be taken into consideration.

[0138]

[Effect of the Invention] As a full account was given above, according to this invention, the great leg formula mobile robot which can associate the taught pattern of operation with input symbols, such as voice, and can memorize it, and its study approach can be offered.

[0139] Moreover, according to this invention, the great leg formula mobile robot which can segment and memorize the taught pattern of operation, and its study approach can be offered.

[0140] Moreover, while segmenting the taught pattern of operation according to this invention, the great leg formula mobile robot which can associate the segmented pattern of operation with input symbols, such as voice, and can memorize it, and its study approach can be offered.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing having shown the appearance configuration of the mobile robot 1 which performs the leg formula walk by the limbs with which operation of this invention is presented.

[Drawing 2] It is drawing having shown typically the block diagram of the electrical and electric equipment and control network of the leg formula mobile robot 1.

[Drawing 3] It is drawing having shown the configuration of a control section 20 in the detail further.

[Drawing 4] It is drawing having shown typically the software control configuration which works on the leg formula mobile robot 1.

[Drawing 5] It is drawing having shown the internal configuration of a middleware layer typically.

[Drawing 6] It is drawing having shown the internal configuration of the application layer typically.

[Drawing 7] It is drawing having shown typically the configuration of the hierarchical RIKARENTO neural network concerning this operation gestalt.

[Drawing 8] It is drawing having shown the example of a configuration of the RIKARENTO mold neural network 201-1 of a lower layer.

[Drawing 9] It is drawing having shown the configuration of a high order hierarchy's RIKARENTO mold neural network 211-1.

[Drawing 10] It is drawing having shown typically the configuration of the study mechanism of the leg formula mobile robot 1 concerning this operation gestalt based on the associative storage of segmentation of action, and the action and

the symbol which were segmented.

[Drawing 11] It is drawing having shown the functional configuration at the time of the study in the study mechanism 300.

[Drawing 12] It is drawing having shown the functional configuration for reproducing the instruction actuation at the time of the symbol input in the voice base in the study mechanism 300.

[Drawing 13] They are the symbol supplied to the study mechanism 300, and the timing chart which illustrated angle of rotation of the joint actuating motor taught with the symbol input.

[Drawing 14] It is the timing chart which showed the correlation result of input symbol SYM-A and each gate output.

[Drawing 15] It is the timing chart which showed the correlation result of input symbol SYM-B and each gate output.

[Drawing 16] It is the timing chart the motor output indicated signs that it was ignored to be to the gate signal list of others [ gate signal / with the highest correlation / under / diminishment, i.e., an inactive period, ].

[Drawing 17] It is the timing chart the motor output indicated signs that it was ignored to be to the gate signal list of others [ gate signal / with the highest correlation / under / diminishment, i.e., an inactive period, ].

[Drawing 18] It is the timing chart which showed the contents by which

associative storage is carried out to a store 304 as a result of segmentation and correlation count about symbol SYM-A.

[Drawing 19] It is the timing chart which showed the contents by which associative storage is carried out to a store 304 as a result of segmentation and correlation count about symbol SYM-B.

[Description of Notations]

1 -- Leg formula mobile robot

2 -- Idiosoma unit

3 -- Head unit

4 -- Tail

6A-6D -- Leg unit

7 -- Neck joint

8 -- Tail joint

9A-9D -- Femoral region unit

10A-10D -- Leg part unit

11A-11D -- Hip joint

12A-12D -- Knee joint

20 -- Control section

21 -- CPU

22 -- RAM

23 -- ROM

24 -- Nonvolatile memory

25 -- Interface

26 -- Radio interface

27 -- Network Interface Card

28 -- Bus

29 -- Keyboard

40 -- I/O section

50 -- Mechanical component

51 -- Motor (joint actuator)

52 -- Encoder (joint angle sensor)

53 -- Driver

60 -- Power supply section

61 -- Charge dc-battery

62 -- Charge-and-discharge control section

100 -- External host computer

200 -- Hierarchical RIKARENTO neural network

201 -- Lower layer RIKARENTO neural network

231 -- Input layer neurone

232 -- Output layer neurone

233 -- Interlayer neurone

211 -- Upper layer RIKARENTO neural network

241 -- Input layer neurone

242 -- Output layer neurone

243 -- Interlayer neurone

300 -- Study mechanism

301 -- Segmentation section

302 -- Speech recognition section

303 -- Correlation count section

304 -- Storage section

305 -- Selection section

306 -- Software MAKKUSU section